



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

TESE DE MESTRADO EM ENGENHARIA GEOLÓGICA

---

# Aplicação na Olaria de Terra Rossa de Ocorrências no Anticlinal de Estremoz

---

*Autor*

Ana Marta Formigo da Cunha

*Orientadores*

Ruben Martins (Universidade de Évora)

Luís Lopes (Universidade de Évora)

Maria Helena Arroz (CENCAL)

Novembro de 2010

186 518

## **Resumo**

### **Aplicação na Olaria de Terra Rossa de Ocorrências no Anticlinal de Estremoz**

A “terra rossa”, solo residual resultante da dissolução de calcários ou mármore, pode constituir relevos cárnicos, como acontece no anticlinal de Estremoz. Este tipo de solo possui características específicas que possibilitam o seu uso como boa matéria-prima para aplicações cerâmicas.

Na zona das pedreiras observam-se horizontes deste solo que deve ser removido, para permitir a exploração do mármore subjacente e é depositado próximo das unidades extractivas, não tendo tido qualquer aproveitamento.

No Alentejo há uma forte tradição oleira, sendo a Vila de Redondo e a Aldeia de S. Pedro do Corval pólos emblemáticos desta actividade mas, ao longo dos anos tem-se notado uma gradual escassez de depósitos de argila de qualidade, levando os oleiros a adquirir a matéria-prima na região das Caldas da Rainha ou mesmo a importá-la de Espanha. Com esta Tese de Mestrado pretende-se caracterizar a “terra rossa” do ponto de vista cerâmico, no sentido de, futuramente poder vir a ser utilizada como matéria-prima.



## **Abstract**

### **Application in the Pottery of “Terra Rossa” Occurrences in the Anticline Estremoz**

*"Terra rossa"* is a residual soil resulting of carbonates dissolution in calcareous or marble, constituting karstic reliefs, like the anticline of Estremoz. This soil has specific characteristics propitious to good raw material for ceramic applications.

In the quarries area it's possible to observe thick horizons of this soil that need to be removed to allow the operation of the underlying marble, and is deposited in the vicinity of the mining units, having no use.

Alentejo country has a strong tradition in pottery with Redondo and São Pedro do Corval as emblematic poles of this activity. However, over the years, it has been noticed a gradual shortage of quality clay deposits, leading potters to acquire raw materials in Caldas da Rainha or importing it from Spain. This Master's thesis aims to characterize the *"terra rossa"* from the ceramic point of view, aiming to be used as raw material in the future.

## **Agradecimentos**

Esta tese de mestrado é o resultado de vários meses de trabalho, a qual não seria possível sem a colaboração de instituições e pessoas. É com muita satisfação que expresso os meus profundos agradecimentos a todos aqueles que tornaram possível a realização deste trabalho.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. Ruben Martins, pelo apoio, incentivo, disponibilidade, acompanhamento científico e orientação demonstrados ao longo da realização deste trabalho. Pelos seus ensinamentos transmitidos ao longo do meu percurso como aluna de licenciatura e de mestrado em Engenharia Geológica. Também gostaria de agradecer a sua amizade e companheirismo nos momentos mais difíceis.

Ao meu professor e co-orientador, Prof. Luís Lopes, pelos seus ensinamentos ao longo do meu percurso como estudante em Engenharia Geológica, apoio e acompanhamento ao longo deste trabalho.

À Unidade de I&D “Minerais Industriais e Argilas”, ao Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro e à sua técnica de laboratório Maria Cristina Sequeira pela realização de todos os ensaios solicitados e necessários à caracterização química e mineralógica das amostras colhidas.

Ao Prof. Celso Gomes pela ajuda e disponibilidade na interpretação dos resultados obtidos nos ensaios de caracterização físico-química e mineralógica.

Ao CENCAL, Centro de Formação Profissional para a Indústria Cerâmica, das Caldas da Rainha e em particular à minha co-orientadora Eng.<sup>a</sup> Maria Helena Arroz, por ter tornado possível a realização de todos os ensaios tecnológicos, nos seus laboratórios. Também agradeço à sua técnica de laboratório Dulce Santos, pelo seu incansável apoio na realização dos ensaios tecnológicos.

Ao Departamento de Geociências da Universidade de Évora, em particular à Directora do Departamento Prof. Paula Faria, por todo o apoio demonstrado e pela disponibilidade do laboratório de Geociências, para a realização dos ensaios de caracterização físico-química.

À Directora do Mestrado de Engenharia Geológica, Prof. Isabel Duarte, pela sua dedicação às questões relacionados com o mesmo e a sua ajuda na resolução de problemas burocráticos.

Aos técnicos do laboratório de Geociências da Universidade de Évora, Sandra e Jorge, pelo apoio, amizade e ensinamento cedido ao longo deste trabalho.

À Idalinda e à Teresa, funcionárias do secretariado do Departamento de Geociências da Universidade de Évora, pela ajuda prestada sempre que foi necessário.

À Biblioteca Municipal de Redondo, pela disponibilização e apoio na consulta de documentos que permitiram a caracterização da olaria, em Portugal, e especialmente nas vilas de Redondo e São Pedro do Corval.

A todos os oleiros das vilas de Redondo e São Pedro do Corval, pela sua boa vontade e simpatia, para responderem ao inquérito.

Ao Mestre Xico Tarefa (Francisco Rosado), oleiro de Redondo, pela sua colaboração, acompanhamento e empenho no estudo das matérias-primas.

À minha amiga Rita Sales pela amizade demonstrado, quando estive nas Caldas da Rainha para realizar os ensaios tecnológicos, bem como à sua família, pela hospitalidade.

Aos meus colegas de universidade e grandes amigos Paula, Nadine e Nelson pela ajuda em ensaios de laboratório, companheirismo e amizade, no nosso percurso como alunos de Engenharia Geológica. À minha amiga Vânia pelo apoio e amizade. Ao colega e amigo André pela sua boa disposição e companhia em momentos mais difíceis. Aos meus colegas e amigos Tiago, André e Luduvic pela ajuda no laboratório de Geociências da Universidade de Évora.

Aos meus colegas de casa e amigos Ruben, Thiago e Nuno pela força e apoio, ao longo destes meses de trabalho.

Aos meus avós pelo amparo e assistência sempre incansável.

Ao meu namorado, Joaquim, pela ajuda, carinho, dedicação e amor, durante esta fase de stress e trabalho, bem como à sua família, e em especial aos seus pais, Francisco e Isabel.

Por último, quero agradecer às pessoas mais importantes da minha vida, aos meus pais, Rui e Maria João, pela educação que me proporcionaram, bem como a oportunidade que me ofereceram para alcançar este sonho, e à minha irmã Bárbara pelo carinho e amor que sempre me demonstrou.

## Índice

Resumo.....	i
Abstract.....	ii
Agradecimentos .....	iii
Índice.....	vi
Índice de figuras .....	viii
Índice de quadros.....	ix
1. Introdução.....	1
2. Argilas.....	3
3. Evolução Histórica da Olaria Portuguesa .....	4
3.1 Olaria de Redondo.....	6
3.2 Olaria de S. Pedro do Corval.....	9
4. Inquérito aos oleiros de Redondo e de S. Pedro do Corval .....	12
4.1 Número de trabalhadores.....	13
4.2 Anos de laboração .....	14
4.3 Tipo de cerâmica .....	14
4.4 Produção .....	15
4.5 Proveniência da pasta .....	15
4.6 Fornecedores da pasta.....	16
4.7 Pasta adquirida anualmente .....	18
4.8 Satisfação relativa à pasta usada .....	19
4.8.1 Satisfação relativa à pasta utilizada tendo em conta a sua proveniência.....	19
4.9 Tipo de forno .....	20
4.10 Número de cozeduras mensais .....	21
4.10.1 Temperatura da primeira cozedura e da segunda cozedura.....	22
4.11 Tipo de vidro .....	23
4.12 Uso de engobe.....	24
4.12.1 Origem do engobe.....	25
4.13 Clientes .....	26
4.14 Apoio financeiro para desenvolver a indústria da olaria .....	27
5. Processos técnicos de tratamento e produção de barro.....	29
5.1 A preparação da argila para louça e cerâmica de conservação .....	29
5.2 A conformação .....	31
5.3 A secagem .....	31
5.4 A cozedura.....	32
5.5 O arrefecimento .....	33
6. Metodologias de trabalho.....	34
6.1 Amostragem .....	34
6.1.1 Enquadramento geológico .....	38
6.1.1.1 Redondo – barreiro do Azinhalinho .....	38
6.1.1.2 Anticlinal de Estremoz.....	40
6.2 Ensaios laboratoriais de caracterização físico química .....	42
6.2.1 Análise granulométrica .....	43
6.2.2 Limites de consistência.....	46
6.2.3 Expansibilidade e teor de humidade.....	50
6.2.4 Matéria orgânica .....	52
6.2.5 Composição mineralógica .....	52
6.2.6 Composição química .....	53

6.3	Ensaiois laboratoriais de caracterização tecnológica.....	55
6.3.1	Trabalhabilidade, extrudibilidade e conformação .....	56
6.3.2	Secagem e cozedura.....	57
6.3.3	Percentagem de retracção ou contracção linear .....	58
6.3.4	Resistência mecânica à flexão .....	60
6.3.5	Percentagem de absorção de água .....	62
6.3.6	Análise térmica-dilatométrica .....	63
6.4	Ensaiois industriais .....	65
6.4.1	Conformação das peças na Olaria Mestre Xico Tarefa .....	65
6.4.2	Ensaio de absorção de água de objectos cerâmicos .....	65
6.4.3	Ensaio de resistência ao choque térmico.....	66
6.4.4	Ensaio de vidragem .....	67
7.	Caracterização e comportamento cerâmico dos materiais .....	68
7.1	Ensaiois laboratoriais de caracterização físico química .....	68
7.1.1	Análise granulométrica .....	68
7.1.2	Limites de consistência.....	72
7.1.3	Expansibilidade e teor de humidade.....	75
7.1.4	Matéria orgânica .....	76
7.1.5	Composição mineralógica .....	77
7.1.6	Composição química .....	79
7.2	Ensaiois laboratoriais de caracterização tecnológica.....	82
7.2.1	Trabalhabilidade, extrudibilidade e conformação .....	83
7.2.2	Secagem .....	84
7.2.3	Cozedura.....	85
7.2.3.1	Cozedura 870 °C.....	86
7.2.3.2	Cozedura 970 °C.....	88
7.2.4	Análise térmica-dilatométrica .....	89
7.3	Ensaio industrial .....	92
7.3.1	Conformação de peças com matéria-prima inferior 120 Mesh .....	92
7.3.2	Secagem e cozedura.....	95
7.3.3	Ensaio de absorção de água de objectos cerâmicos.....	97
7.3.4	Ensaio de resistência ao choque térmico.....	98
7.3.5	Ensaiois de vidragem.....	98
8.	Conclusões .....	100
9.	Bibliografia .....	107
	Sites consultados.....	109
	ANEXO I- INQUÉRITO AOS OLEIROS DE REDONDO E DE S. PEDRO DO CORVAL .....	110
	ANEXO II - ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	114
	ANEXO III - ENSAIOS TECNOLÓGICOS.....	118

## Índice de figuras

Fig. 1 – Número de trabalhadores existentes nas olarias de São Pedro do Corval e Redondo ..	13
Fig. 2 - Distribuição das olarias por anos de funcionamento .....	14
Fig. 3 – Tipo de peças cerâmicas conformadas nas olarias das duas vilas estudadas .....	15
Fig. 4 – Proveniência das pastas utilizadas pelos oleiros na conformação das peças cerâmicas	16
Fig. 5 - Fornecedores das pastas adquiridas pelos oleiros .....	17
Fig. 6 - Quantidade de pasta adquirida pelos oleiros.....	18
Fig. 7 - Satisfação dos oleiros relativamente à pasta utilizada.....	19
Fig. 8 - Satisfação dos oleiros relativamente à pasta que utilizam dependendo da sua proveniência.....	20
Fig. 9 - Tipo de forno utilizado pelos oleiros das duas vilas .....	21
Fig. 10 - Número de cozeduras efectuadas por mês pelos oleiros .....	22
Fig. 11 - Temperaturas das primeiras e segundas cozeduras realizadas pelos oleiros .....	23
Fig. 12 – Tipo de vidrado utilizado pelos oleiros.....	24
Fig. 13 – Utilização de engobe pelos oleiros .....	25
Fig. 14 – Origem do engobe utilizado pelos oleiros .....	26
Fig. 15 – Clientes .....	27
Fig. 16 – Apoio para o desenvolvimento da indústria da cerâmica tradicional .....	28
Fig. 17 – Localização geográfica das amostras de matérias-primas recolhidas no campo .....	35
Fig. 18 – Os dois horizontes de solo onde foram colhidas as amostras Destapação Biblio VV I e Biblio VV II, N38º 46' 35.8", W7º 25' 23.7" .....	36
Fig. 19 – Borba - Vila Viçosa N38º 48' 05.2", W7º 26' 25.1" .....	36
Fig. 20 – Depósito Monte da Lagoa N38º 44' 22.7", W7º 24' 36.3" .....	37
Fig. 21 – Lagoa linha de água N38º 44' 03.6", W7º 24' 34.6" .....	37
Fig. 22 – Mapa com localização do barreiro Azinhalinho, na região de Redondo. Adaptado da Carta Geológica de Portugal 1:50.000, folha 36-D Redondo, escala modificada. ....	39
Fig. 23 – Adaptação da Carta das Rochas Carbonatadas de Estremoz (Gonçalves, 1972), com localização das amostras recolhidas no anticlinal de Estremoz. Escala modificada.....	41
Fig. 24 – Representação esquemática do significado físico dos limites de consistência .....	47
Fig. 25 – Concha de Casagrande.....	49
Fig. 26 – Moinho de martelos Retsch, com abertura 4,0 mm.....	55
Fig. 27 - Curvas granulométricas das amostras de matéria-prima e de pastas tal e qual .....	69
Fig. 28 – Curvas granulométricas das amostras de matéria-prima após moagem .....	71
Fig. 29 – Curvas dilatométricas das matérias-primas e pastas preparadas .....	91
Fig. 30 - Peças manufacturadas com matéria-prima proveniente de Borba Vila Viçosa .....	93
Fig. 31 – Peças manufacturadas com matéria-prima proveniente do Depósito Monte da Lagoa .....	93
Fig. 32 – Peças realizadas com matéria-prima proveniente do Azinhalinho - Redondo.....	94
Fig. 33 – Peças manufacturadas com matéria-prima proveniente da Destapação Biblio VV II ..	94
Fig. 34 - Peças manufacturadas com matéria-prima proveniente da Destapação Biblio VV I....	95
Fig. 35 – Peças manufacturadas com matéria-prima proveniente da Lagoa linha de água .....	95
Fig. 36 – Gradiente térmico de cozedura de chacota das peças cerâmicas.....	96
Fig. 37 – Conjunto de peças vidradas.....	99
Fig. 38 – Depósito Destapação Biblio VV I e II. Do lado esquerdo o depósito limpo, do lado direito o depósito transformado em aterro.....	101

## Índice de quadros

Quadro I – Classificação dimensional das partículas segundo Atterberg .....	44
Quadro II – Classificação dimensional das partículas segundo Wentworth .....	45
Quadro III – Classificação dos materiais geológicos baseada no índice de plasticidade (Faria, 2005) .....	48
Quadro IV – Fórmulas químicas ideais e respectivos pesos moleculares de algumas espécies minerais frequentes nas argilas .....	54
Quadro V – Parâmetros granulométricos das amostras tal e qual .....	70
Quadro VI – Parâmetros granulométricos das amostras após moagem .....	72
Quadro VII - Quadro síntese dos limites de consistência e índice de plasticidade nas amostras tal e qual.....	73
Quadro VIII - Quadro síntese dos limites de consistência e índice de plasticidade nas matérias-primas após moagem.....	74
Quadro IX - Expansibilidade e teor de humidade das matérias-primas tal e qual e das pastas preparadas e utilizadas nos ensaios tecnológicos .....	75
Quadro X – Quantidade de matérias orgânica nas amostras de matéria-prima e de pastas .....	77
Quadro XI – Espectrometria por difracção de raios-X (DRX).....	78
Quadro XII - Espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX).....	79
Quadro XIII – Espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX), após moagem .....	81
Quadro XIV – Índices de plasticidade e teores de humidade de extrusão .....	83
Quadro XV - Propriedades cerâmicas de conformação e após secagem.....	85
Quadro XVI – Propriedades cerâmicas das matérias-primas e pastas cozidas a 870 <sup>o</sup> C.....	86
Quadro XVII – Propriedades cerâmicas das matérias-primas cozidas a 1000 <sup>o</sup> C.....	88
Quadro XVIII – Percentagem de absorção de água das peças cerâmicas.....	97



## **1. Introdução**

No Alentejo, entre as várias actividades económicas, merecem evidência, por exemplo, duas bastante distintas, a indústria extractiva e a olaria.

Com este trabalho pretende-se avaliar as características mineralógicas, físicas e químicas, tecnológicas e industriais das “terras vermelhas” provenientes da destapagem do mármore extraído no anticlinal de Estremoz, para uma possível e futura utilização como matéria-prima para olaria de Redondo e de São Pedro do Corval.

A “terra vermelha” é um solo residual resultante da dissolução dos carbonatos de rochas carbonatadas. Este solo cobre os mármore explorados no anticlinal de Estremoz e, na maioria das vezes, não é aproveitado, originando um resíduo da indústria extractiva.

Na presente dissertação foi desenvolvido um estudo, através de inquéritos aos oleiros de Redondo e de São Pedro do Corval, com o objectivo de avaliar o estado sócio-económico da actividade oleira, qual o tipo de matéria-prima mais desejada pelos oleiros, bem como os processos de preparação e fabrico de peças cerâmicas.

A produção de peças cerâmicas depende das características das matérias-primas, para cuja caracterização é de extrema importância a realização de ensaios físico-químicos, mineralógicos, tecnológicos e industriais executados sobre as mesmas.

Assim sendo, nesta tese de mestrado poder-se-á encontrar o estudo comparativo das características das matérias-primas que ocorrem no anticlinal de Estremoz e das matérias-primas utilizadas pelos oleiros.

A presente tese é constituída por dez capítulos com destaque para:

O capítulo dois onde se faz uma breve descrição dos conceitos de argila, e de minerais argilosos e não argilosos, bem como são referidos os diferentes tipos e utilização da argila na indústria.

O capítulo três aborda a história da olaria portuguesa e a evolução da mesma na vila de Redondo e em São Pedro do Corval, com o objectivo de se compreender as origens da actividade oleira e a sua importância sócio-económica ao longo da história.

O capítulo quatro apresenta a análise integrada dos resultados obtidos no inquérito aos oleiros com o principal objectivo de se conhecer o tipo de matérias-primas por eles utilizadas, assim como as características de conformação, secagem e cozedura das peças manufacturadas pelos oleiros das duas localidades.

O capítulo cinco compreende os estudos relativos aos processos de tratamento e produção de barro tradicionais.

Os capítulos seis e sete dedicam-se ao estudo das matérias-primas através da realização de ensaios físico-químicos, mineralógicos, tecnológicos e industriais.

Os três últimos capítulos comportam a conclusão, a bibliografia e os anexos.

## **2. Argilas**

O termo argila é usado com vários sentidos (Gomes, 1988, 2002), adaptados à formação profissional, técnica ou científica dos que por ela se interessam – geólogos, pedólogos, agrónomos, mineralogistas, sedimentólogos, ceramistas, químicos, engenheiros químicos, engenheiros civis, engenheiros geotécnicos, etc. – quer pela sua génese, quer pelas suas propriedades, quer ainda pelas suas aplicações com base em alguma ou em algumas propriedades específicas da argila.

Mas o conceito geral da argila considera-a um material plástico, constituído por partículas de grão muito fino, que podem ser minerais não argilosos como o quartzo, feldspato, mica, calcite, dolomite, hematite, goethite, e minerais argilosos, filossilicatos hidratados compostos principalmente por silício, alumínio, magnésio, ferro, cálcio, potássio, oxigénio e hidrogénio. Também é caracterizada por ser um material que endurece após secagem e mais ainda após queima a temperatura elevada.

Os minerais argilosos ocorrem, em regra, em rochas sedimentares de litologias diversas e com idades que vão do Proterozóico até ao Cenozóico, mas podem ocorrer ainda em rochas metamórficas de baixo e elevado grau de metamorfismo e rochas ígneas, como produtos de alteração de minerais primários.

Em termos industriais, a argila possui muitas aplicações, sendo no campo industrial utilizada na cerâmica, no papel, nos plásticos, nas tintas, no cimento e nas lamas utilizadas em perfurações para a pesquisa e exploração de água, petróleo ou de gás. A argila antes de ser utilizada em qualquer indústria é submetida a tratamentos de refinação e beneficiação, pois raramente é utilizada tal como é extraída de barreiros ou minas.

No âmbito desta tese importa ainda definir o que se entende por material argiloso. Segundo Gomes (2002) o material argiloso é qualquer material natural de granulometria fina e textura terrosa ou argilosa, independentemente de na sua composição os minerais argilosos serem ou não componentes essenciais. O autor refere ainda que as argilas, os argilitos e os xistos argilosos são materiais argilosos, bem como os solos desde que apresentem textura argilosa e um conteúdo elevado em argila.

### **3. Evolução Histórica da Olaria Portuguesa**

Segundo o arqueólogo Gordon Childe foi durante o Neolítico, mais precisamente na Revolução Neolítica ou Revolução Agrária, como ele lhe chamou, que se observaram significativos avanços tecnológicos no fabrico de produtos cerâmicos.

Nesta época as sociedades humanas desenvolveram técnicas de cultivo agrícola, fixando-se mais tempo numa dada região, uma vez que não teriam de ir à procura de alimento. Com esta fixação viram-se obrigados a desenvolver técnicas de armazenamento de alimentos, fabrico de símbolos espirituais, fornos para a produção de pão e a necessidade de construir abrigos para a população. Assim, nasce o aproveitamento da argila para a produção de contentores para armazenamento dos produtos agrícolas, o fabrico de “tijolos” e o aperfeiçoamento das técnicas de cozedura da argila.

Durante algum tempo considerou-se a cerâmica como uma característica do Neolítico mas, o reconhecimento de um Neolítico pré-cerâmico, em Jericó (Médio Oriente) e as descobertas de peças cerâmicas em grupos nómadas, no Japão, datadas de 6000 a.C. veio revelar que existe não uma, mas duas fases da evolução da cerâmica no Neolítico: uma entre o fim do VIII milénio a.C. e o princípio do VI milénio a. C. e, a outra que se prolongou até à Idade do Bronze.

No fim do Neolítico, mais precisamente no período Calcolítico (Idade do Cobre – entre o milénio III e II a.C.), no Vale do Tejo dá-se o aparecimento de um tipo específico de cerâmica, designado por cerâmica campaniforme<sup>1</sup>, que posteriormente se espalha pelo resto da Europa.

A cerâmica ibérica foi influenciada pela olaria romana, através do aperfeiçoamento da técnica, mais especificamente na preparação da pasta, no cuidado na produção e estética das peças. Mais tarde, com a influência árabe, surgem novas formas e formas renovadas sobre modelos antigos (Lima, 1963).

O Historiador Armando Vieira dos Santos escreveu “em certas curvas das asas e em várias formas de utensílios de barro existem inúmeros motivos decorativos e um conjunto de

---

<sup>1</sup> O vaso típico desse estilo tem a forma de um sino invertido

elementos plásticos e estéticos que ainda perduram hoje na nossa olaria popular, sendo provenientes directamente da olaria árabe”. A intervenção dos árabes refinou a habilidade técnica e estética, se bem que esta já era bastante evidenciada na olaria romana peninsular.

Em meados do século XVI a produção de cerâmica portuguesa era predominantemente tradicional e regional, do tipo utilitária, utilizando como matéria-prima os barros das regiões do país. É nas décadas de 60 e 70 deste século que se produzem os primeiros azulejos e faianças portugueses. No século XIX surge o fabrico de porcelanas de Portugal (Gancho, 1998/2000).

A olaria alentejana posterior à influência do povo árabe pode ser distinguida em dois grupos: as peças de louça utilitária destinadas a satisfazer as necessidades da população e a louça decorativa, mais rica, pelo seu vidrado e decorada com várias tintas.

Na década de 60 do século passado, os oleiros do Alentejo (Redondo, Viana do Alentejo e S. Pedro do Corval) que até então produziam louça bastante distinta, a partir desta data, devido à mecanização da produção de peças, começam a utilizar as mesmas práticas decorativas, revelando-se a perda do carácter familiar da olaria, a favor da lógica empresarial. Mas, também, foi nesta altura que a louça decorativa tomou novos formatos e fabricaram-se novas peças, com motivos mais complexos, onde a criatividade e imaginação dos Mestres começa a ser cada vez mais solicitada, devido à concorrência entre os mesmos. Apesar destas mudanças existem ainda hoje determinadas características que identificam e distinguem as peças provenientes dos diferentes locais: é o caso de Estremoz em que são utilizados fragmentos de quartzo na decoração das louças, e de Redondo, com a típica louça resistente ao fogo e a fina louça de mesa esmaltada e policromática.

Actualmente em Portugal os centros oleiros estão a desenvolver o fabrico de peças mais artísticas, ainda que de raiz popular, em detrimento de peças do tipo grosseiro e utilitário. Ainda utilizam o barro vermelho, que esporadicamente é extraído e preparado localmente, mas que, maioritariamente, é importado do nosso país vizinho, Espanha.

Apesar de se verificar a redução do número de olarias e telheiros no nosso país, existe ainda em algumas localidades o fabrico de cerâmica popular. Segundo o Instituto de Emprego e Formação Profissional, em 1995, os concelhos onde havia produção de barro vermelho no

Alentejo eram Nisa, Crato, Ponte de Sôr, Mora, Estremoz, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Viana do Alentejo, Grândola, Santiago do Cacém, Beja, Ourique, e Mértola mas, a maior densidade de artesões e da capacidade produtiva centrava-se em Estremoz, Redondo e S. Pedro do Corval.

No âmbito desta tese foram estudados os centros oleiros de Redondo e de S. Pedro do Corval.

### **3.1 Olaria de Redondo**

O Concelho de Redondo possui duas Freguesias, Redondo e Montoito, sendo a Freguesia de Redondo a maior das duas, em área, ocupando cerca de 310 Km<sup>2</sup> que corresponde a 87 % da área do Concelho e uma população 6015<sup>2</sup> habitantes, correspondendo a 83 % da população do Concelho. O Concelho de Redondo faz fronteira com os Concelhos de Évora, Estremoz, Vila Viçosa, Borba e Alandroal (CMRedondo, 2010).

Há registos de presença humana no território desde o Neolítico, ocupação comprovada pela existência de monumentos megalíticos espalhados por todo o Concelho. Segundo a lenda, a fundação da vila está relacionada com o Penedo Redondo que existiu no primitivo muramento medieval. Também existem vestígios de povoados de 3000 e 2000 anos a.C. e da permanência romana, confirmando assim a continuidade do povoado ao longo destes milénios. A ocupação e exploração do território intensificaram-se após a permanência dos romanos.

Segundo alguns historiadores a vila de Redondo ter-se-á formado em virtude de um foral concedido em 1250, por D. Afonso III. Em 1318, D. Dinis fortificou esta vila através de uma carta foralenga, tendo D. Manuel acrescentado privilégios de Leitura Nova<sup>3</sup>, em 1517.

---

<sup>2</sup> Censos 2001

<sup>3</sup> A Leitura Nova é um dos símbolos da política administrativa e centralizadora do reinado de D. Manuel I é uma colecção de códices que têm como objectivo ilustrar uma história exemplar de

Em 1418, devido a um anterior período de despovoamento, D. João I proibiu o uso de outras estradas para os viajantes de Évora, Vila Viçosa e Alandroal, obrigando-os a passarem por esta vila, tendo assim contribuindo para a sua expansão.

Na transição democrática em 1974, o Concelho sofreu importantes transformações: construção da barragem da Vigia que vem solucionar alguns problemas com o abastecimento de água e a rede de saneamento é alargada acompanhando o desenvolvimento de novos bairros e loteamentos municipais. A partir do ano de 2000 o Concelho inicia uma qualificação para a melhoria da qualidade de vida dos seus habitantes e para o turismo, através da construção do Museu do Vinho, da Enoteca, do Centro Cultural de Redondo, das Piscinas Municipais, do Ecomuseu e, mais recentemente, do Coliseu de Redondo e do Museu do Barro.

A vila de Redondo sempre foi e é um importante centro oleiro do Alto Alentejo. A terminologia com que são distinguidas as peças de olaria quer no que respeita à forma, quer no que respeita à decoração tradicional e popular, foi herdada por povos, como os romanos, árabes e outros que se instalaram e viveram na vila de Redondo durante alguns séculos.

Em Redondo fabricam-se duas espécies de pratos pintados: os pratos tradicionais, com fundos claros e motivos diversos, considerados louça utilitária, e os pratos de fundo vermelho ou negro, decorados com ramos de flores a tinta de óleo, destinados apenas para decoração.

Não se conhece concretamente a origem da olaria de Redondo, tal como ela hoje se apresenta, apenas se sabe que D. Manuel, na Carta de Foral de 1516, fazia referência aos oleiros. Também se sabe que os oleiros no século XVIII fizeram greve. Estes protestavam pelo facto de estarem a ser impedidos de recolher o barro pelos proprietários das herdades de Valongo, Valdante, Azinhalinho e Monte Branco, visto que, no seu entender lhes davam honra (Mestres artesãos do século, 2002). Deste acontecimento resultou a definição de regras de parte a parte, os oleiros não podiam ser impedidos de cavarem o barro, mas tinham a

---

Portugal assim como atender, com rapidez e eficácia, à necessidade administrativa de responder às solicitações que lhe eram dirigidas. Esta colecção é também reveladora do desejo de ostentação da riqueza do reinado de D. Manuel I.

obrigação de manter os foros activos, sob a pena de ficarem sujeitos a multa, não podiam cavar em locais ou extremas semeados, nem deixar covas abertas.

Em relação ao número de olarias existentes, sabe-se que no ano de 1888 existiam em Redondo vinte e oito oficinas, em 1899 eram mais de trinta. Em 1943, a olaria de Redondo atinge o seu máximo de actividade com mais de quarenta oficinas a trabalhar o barro. Foi um período de grande aperfeiçoamento da técnica utilizada na olaria, ao nível da aplicação de tintas, no tratamento das peças nas cozeduras e no sistema de enfora. Em 1960, existiam na vila de Redondo cerca de 22 oleiros, em 1995 apenas 10. (Almeida d'Eça, 1986 & Gancho, 2000)

Até ao início do século XX, o tipo de produção era essencialmente louça utilitária (bicado, jarro, defumador, alguidar, asado, panela, garrafão, fogareiro, assadeira, barril, tarefa, pote, cantil, cântaro, cantarilha, infusa, ferrado, vaso, tacho, piporro, bebedouro e tijela de fogo) devido às necessidades materiais das populações e à qualidade da matéria-prima: porosa – ideal para o fabrico de peças para transporte de líquidos; refractária – ideal para o fabrico de peças de fogo. Para além da louça utilitária, em Redondo também foi um importante produtor de “tijolo burro”, telha e ladrilho (Mestres artesãos do século, 2002).

Sem deixar as cores tradicionais (amarelo, verde e vermelho), que continuam a ser bastante utilizadas, começaram a usar outras cores e até tintas comerciais que substituem as naturais. Na maioria das olarias, os motivos decorativos continuam a ser os ramos, as flores, os animais (principalmente aves) e figuras humanas regionais, como a ceifeira (D'Eça, 1986).

Actualmente restam apenas oito olarias na Vila de Redondo. A sua maioria dedica-se ao fabrico de cerâmica decorativa, com influências mais contemporâneas, intensamente decorada, fabricada com barro mais fino e de acabamento mais cuidado. Apesar de tudo, observa-se um aumento da produção da cerâmica utilitária para a utilização na gastronomia, quer do ponto de vista da confecção de alimentos, quer na apresentação de pratos confeccionados.



### **3.2 Olaria de S. Pedro do Corval**

O Concelho de Reguengos de Monsaraz situa-se no Distrito de Évora, a 39 Km da cidade de Évora, e possui uma área de 461 Km<sup>2</sup> e 11382 habitantes. O Concelho compreende cinco Freguesias: Campinho, Campo, Corval, Monsaraz e Reguengos de Monsaraz, e faz fronteira com os Concelhos de Alandroal, Mourão, Moura, Portel, Évora e Redondo (CMReguengos de Monsaraz, 2010).

A Freguesia do Corval é também denominada por São Pedro do Corval, tendo até 1948 sido chamada Aldeia do Mato. Esta aldeia dista de Reguengos de Monsaraz 6,5 Km, possuindo uma área de 96 Km<sup>2</sup> e possui 1578 habitantes.

Sabe-se que a olaria de S. Pedro do Corval existe, pelo menos, desde o período da dominação árabe. Tal é confirmado, não só, pelo teor do foral de D. Anfonso III, concedido a Monsaraz em 1276, bem como pela linguagem e a terminologia utilizada na actividade oleira, actualmente.

Relativamente ao centro oleiro como hoje o conhecemos é provável que a sua existência seja anterior ao século XVII, pois foi encontrada uma talha<sup>4</sup>, datada de 1614, com a sigla “Aldeia do Mato” (Cartaxo, 1991 - 1992).

Segundo Solange Parvoux (D'Eça, 1986 e Cartaxo, 1991-1992), os Anuários Comerciais de 1905 e de 1960 possuem apelidos comuns de oleiros de Redondo e de S. Pedro do Corval, assim com base nesta informação lança a hipótese de que alguns oleiros de Redondo viram-se atraídos pela qualidade do barro da antiga Aldeia do Mato e migraram para esta região, no século XV ou até antes. Já Carvalho Moniz acentua a ideia da origem da olaria de S. Pedro do Corval ter influências romanas e árabes, considerando que certas curvas das asas, várias formas dos utensílios de barro, inúmeros motivos decorativos, e determinados termos provêm de origem árabe. Pode-se afirmar que uma opinião não é dissociável da outra, pois a olaria de Redondo tem origem nos povos romanos e árabes e mais tarde com a migração dos oleiros de

---

<sup>4</sup> Tipo de peça largamente utilizado como depósito de conservação de vários produtos agrícolas.

**Redondo para São Pedro do Corval, podem ter levado essas tradições antigas para a “Aldeia do Mato”.**

Em tempos não muito recuados, a olaria de São Pedro do Corval era caracterizada pela produção de grandes peças, tais como talhas de barro para guardar vinho, as quais eram até designadas por “talhas mouriscas” e “talhas romanas”.

A partir da década de 60 do século passado observou-se um decréscimo considerável no fabrico de peças de pequeno porte, sobretudo para uso doméstico devido à “era dos plásticos”, assumindo as peças uma expressão essencialmente decorativa. Também factores como a alteração de gostos, necessidades distintas dos novos mercados, mudança de atitude face aos produtos artesanais, fizeram-se sentir na produção e na base da mudança verificada (Cartaxo, 1991 - 1992).

No início da década de 90, existiam 33 olarias tradicionais, hoje em dia o centro oleiro de S. Pedro do Corval é considerado o maior do país com 24<sup>5</sup> olarias em funcionamento. Este decréscimo pode estar relacionado com a dificuldade de recrutamento de novos aprendizes com a importância crescente do papel da mulher na sociedade, que as faz sair de casa e passarem a trabalhar noutras actividades. Este facto, tornou-se particularmente preocupante visto as mulheres desempenharem um papel importante nas fases de acabamento e decoração (8). Também, a introdução de novas tecnologias tornou as empresas que as adoptaram mais competitivas, visto o custo de produção ser inferior ao do fabrico de peças produzidas manualmente. Este factor tem-se revelado de crucial importância na evolução do tecido empresarial do concelho de Reguengos de Monsaraz, levando ao inevitável colapso das empresas que não se modernizaram, muitas delas pela resistência dos seus proprietários à introdução de novas tecnologias.

Apesar de todos os factores responsáveis pelo decréscimo do número de olarias e de pessoas a trabalhar nesta arte, S. Pedro do Corval continua a tradição de muitos séculos de fabrico de louça tosca, vidrada e decorativa, sendo que seis delas ainda aproveitam os barros

---

<sup>5</sup> Inquérito realizado às olarias existentes em São Pedro do Corval, em Março de 2010

das herdades vizinhas, principalmente os da Revilheira, apesar a maioria das olarias importar pastas de Espanha ou comprá-las nas zonas de Leiria e Caldas da Rainha.

#### **4. Inquérito aos oleiros de Redondo e de S. Pedro do Corval**

##### **Âmbito**

No âmbito do estudo da aplicação de “terra rossa”, proveniente do anticlinal de Estremoz, como matéria-prima em cerâmica de olaria, foi realizado um inquérito, dirigido aos oleiros de Redondo e de São Pedro do Corval – Reguengos de Monsaraz, com vista à caracterização da actividade oleira nestas duas localidades.

A estrutura desse inquérito é apresentada de seguida, tal como os gráficos que representam as respostas às perguntas susceptíveis de tratamento estatístico. É seguida a ordem das perguntas constantes no inquérito que se encontra no anexo I. Posteriormente a cada gráfico são apresentados alguns comentários e conclusões.

##### **Definição da População e da Amostra**

Dos 8 oleiros existentes na vila de Redondo, apenas 6 foram contabilizados para tratamento estatístico. Dos 2 oleiros que não foram considerados neste estudo, um não se mostrou disponível para responder ao inquérito, o outro apresentou respostas incoerentes relativamente às perguntas formuladas.

Em São Pedro do Corval, segundo o guia turístico da Câmara Municipal de Reguengos de Monsaraz, existem 26 olarias, o que não corresponde à realidade.

Das 26 olarias que ali existiam, uma fechou e outra adquire peças já fabricadas para pintura, por isso só foram tratadas estatisticamente 24 olarias.

População: Oleiros de Redondo e de São Pedro do Corval.

Dimensão: 34 indivíduos

Amostra: Os indivíduos da população que deram respostas possíveis de serem tratadas estatisticamente.

Dimensão: 30 indivíduos

#### 4.1 Número de trabalhadores

Na vila de Redondo, nas 6 olarias que responderam ao inquérito, encontram-se a trabalhar o barro 12 oleiros, por outro lado em S. Pedro do Corval existem 24 oleiros nas 24 olarias que se encontram a laborar. Constatase assim que em Redondo a relação do número de oleiros para o número de olarias a funcionar é de 2:1, sendo que esta relação para a vila de S. Pedro do Corval é de 1:1. Relativamente a outros trabalhadores das olarias, em Redondo existem cerca de 5, correspondendo a pintores e ajudantes. Em S. Pedro do Corval existem cerca de 44 outros trabalhadores correspondendo também a pintores, ajudantes e ainda a caixeiros das lojas de olaria. Este elevado número de outros trabalhadores em S. Pedro do Corval pode estar ligado ao facto de a maioria dos oleiros apenas conformarem o barro, sendo o restante trabalho realizado por ajudantes, pintores e caixeiros que se encontram nas lojas de venda de produtos cerâmicos que, algumas olarias possuem.

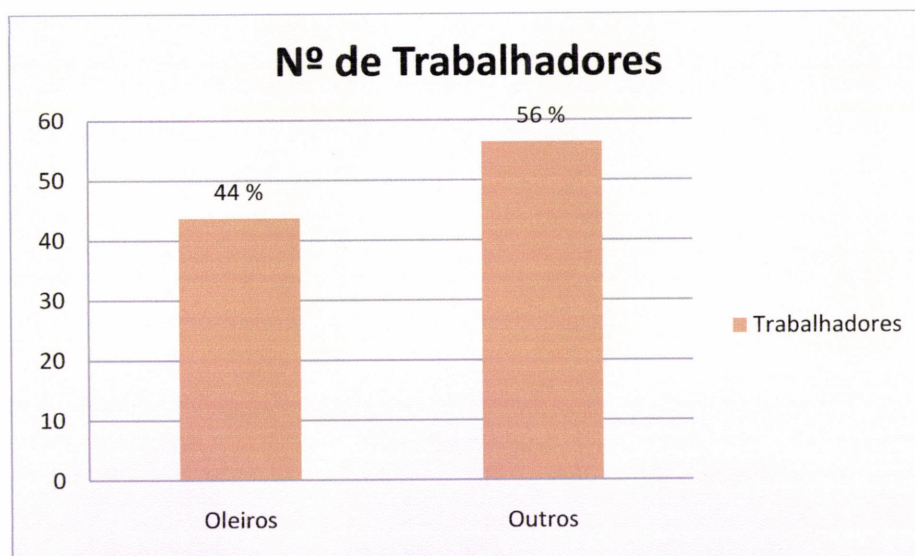


Fig. 1 – Número de trabalhadores existentes nas olarias de São Pedro do Corval e Redondo

Fazendo uma análise global, existem 87 pessoas a trabalhar nas olarias de Redondo e de S. Pedro do Corval, das quais 44 % são oleiros e 56 % são ajudantes, pintores e caixeiros (Fig. 1).

#### 4.2 Anos de laboração

Esta questão foi colocada aos oleiros que hoje estão activos, sendo que alguns deles são descendentes de antigos oleiros e, outros tendo aprendido a arte, ficaram com as olarias antigas.

A maioria das olarias que hoje existem são centenárias; no entanto, já não pertencem aos primeiros donos ou aos seus familiares. Tanto em Redondo como em S. Pedro do Corval a distribuição das olarias pelas classes 0-20, 21-40, 41-60 e superior a 100 anos de funcionamento é bastante uniforme (Fig. 2).

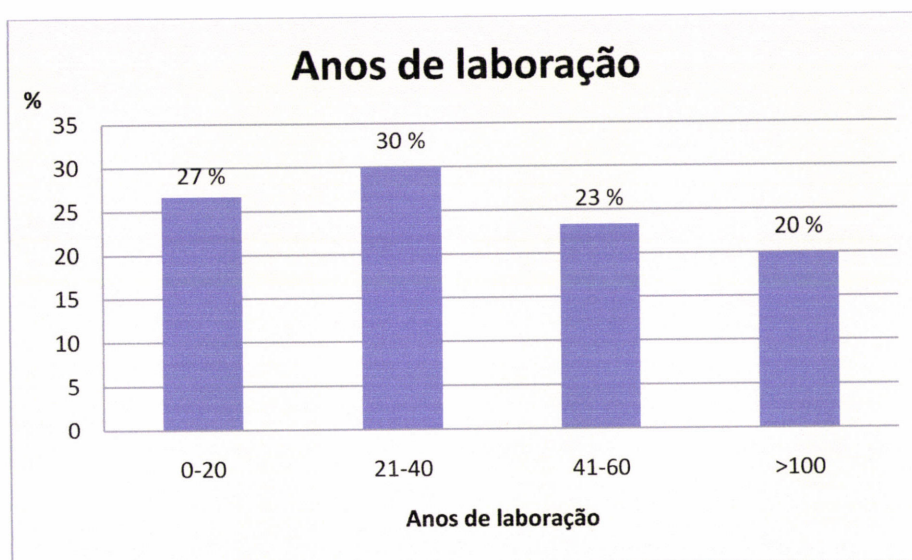


Fig. 2 - Distribuição das olarias por anos de funcionamento

Pela análise do gráfico, 30 % das olarias estão em funcionamento há mais de 21 anos e há menos de 40 anos, registando-se o facto de o fazerem sob a mesma designação comercial.

#### 4.3 Tipo de cerâmica

Tanto em Redondo como em S. Pedro do Corval a maioria dos oleiros fabrica louça, decorativa e utilitária. Apenas em S. Pedro do Corval existem oleiros que se dedicam exclusivamente ao fabrico de louça decorativa (Fig. 3).



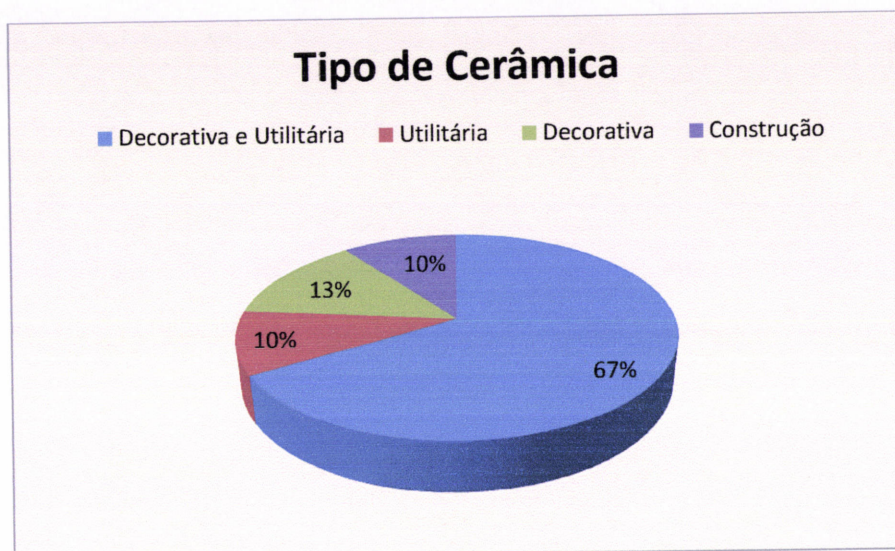


Fig. 3 – Tipo de peças cerâmicas conformadas nas olarias das duas vilas estudadas

Mais de metade (67 %) dos oleiros inquiridos fabricam peças de louça decorativa e utilitária. Apenas 13 % dos oleiros fabricam só louça decorativa. Apenas 10 % dos oleiros se dedicam à cerâmica estrutural.

#### 4.4 Produção

Relativamente ao número de peças produzidas mensalmente não foi possível tratá-lo estatisticamente, pois os oleiros das duas vilas referiram não saber quantificar. Informaram que a produção depende do número de encomendas, do tamanho das peças encomendadas e da altura do ano.

#### 4.5 Proveniência da pasta

Em Redondo verificou-se que os oleiros utilizam mais a pasta de proveniência nacional. Em S. Pedro do Corval não se pode afirmar que haja uma preferência por um determinado tipo de pasta, uma vez que são nove os oleiros que utilizam pasta de origem nacional e dez os que utilizam pasta estrangeira (Fig. 4).



Fig. 4 – Proveniência das pastas utilizadas pelos oleiros na conformação das peças cerâmicas

A análise do gráfico revela que 44 % dos oleiros adquire pasta nacional, 33 % adquire pasta estrangeira e apenas 23 % adquirem ambas.

Os oleiros que adquirem pasta, tanto a um fornecedor estrangeiro, como a um fornecedor nacional, fazem-no porque na sua maioria são oleiros que fabricam tanto peças decorativas como utilitárias, preferindo para o primeiro tipo de cerâmica a pasta proveniente de Espanha e para o segundo tipo a pasta nacional. Deve-se salientar que os oleiros de Redondo utilizam mais pasta nacional que a pasta estrangeira, mas em São Pedro do Corval regista-se exactamente o contrário.

#### 4.6 Fornecedores da pasta

Os oleiros de Redondo utilizam na sua maioria pasta de um fornecedor nacional e pasta proveniente da região. Em S. Pedro do Corval cerca de metade dos oleiros adquirem a pasta ao fornecedor Collet Cerâmica, SA, proveniente de Espanha – Barcelona (Fig. 5).



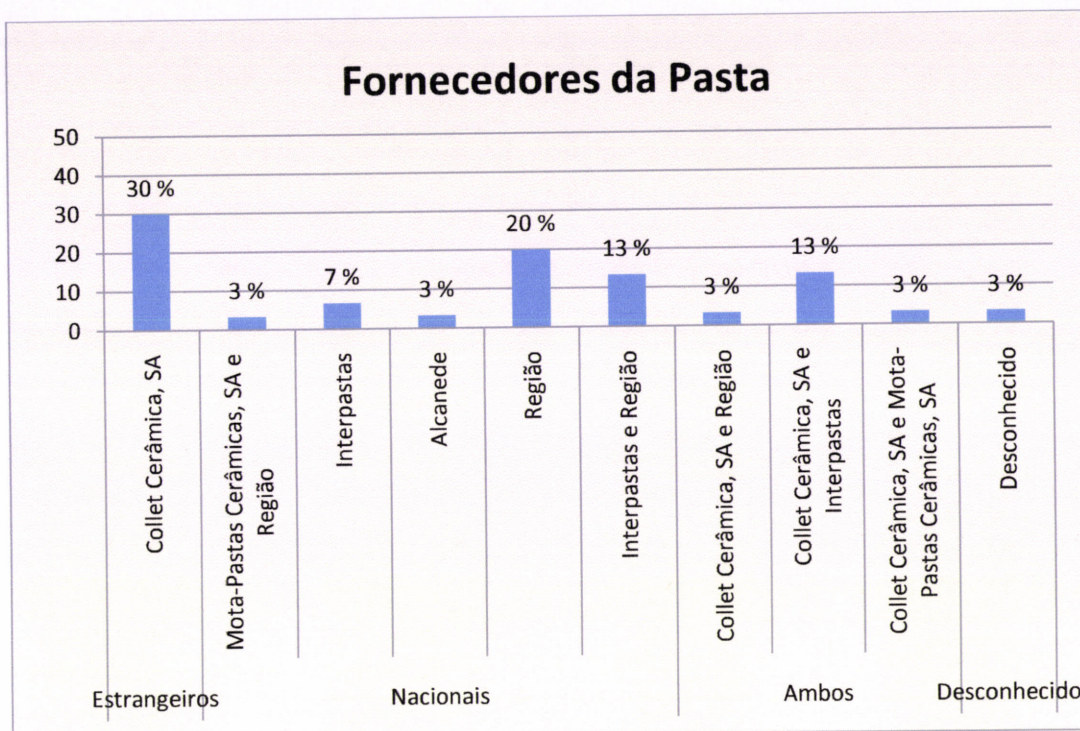


Fig. 5 - Fornecedores das pastas adquiridas pelos oleiros

Como se verifica, através do gráfico, 30 % dos oleiros utiliza a pasta do fornecedor Collet Cerâmica, SA, 20 % utiliza pasta proveniente da região onde se encontram as olarias e 13 % utiliza tanto a pasta do fornecedor Collet Cerâmica, SA como do fornecedor Nacional, para o fabrico das suas peças. Relativamente às matérias-primas do Azinhalinho em Redondo e da Revilheira em S. Pedro do Corval, os oleiros revelam satisfação nas suas qualidades, no entanto, são cada vez menos utilizadas, uma vez que apresentam algumas impurezas exigindo uma preparação cuidada, sendo necessária muita mão-de-obra que vai sendo cada vez mais escassa. Também referem que, apesar dos custos elevados das pastas já preparadas, o rendimento é maior pois estas não exigem qualquer tipo de preparação, podendo ser utilizadas logo após a sua recepção.

#### 4.7 Pasta adquirida anualmente

A pasta adquirida na região de S. Pedro do Corval, mais precisamente da Herdade da Revilheira, não pode ser quantificada em toneladas uma vez que os oleiros referem-se à quantidade em “roulotes” de camiões.

Assim, relativamente à quantidade de toneladas/ano, representadas no gráfico, provenientes da região, apenas se contabilizou o barro proveniente de Redondo, mais precisamente da Herdade do Azinhalinho, uma vez que os oleiros ao falarem da quantidade adquirida referem-se particularmente a unidades de massa (Fig. 6).

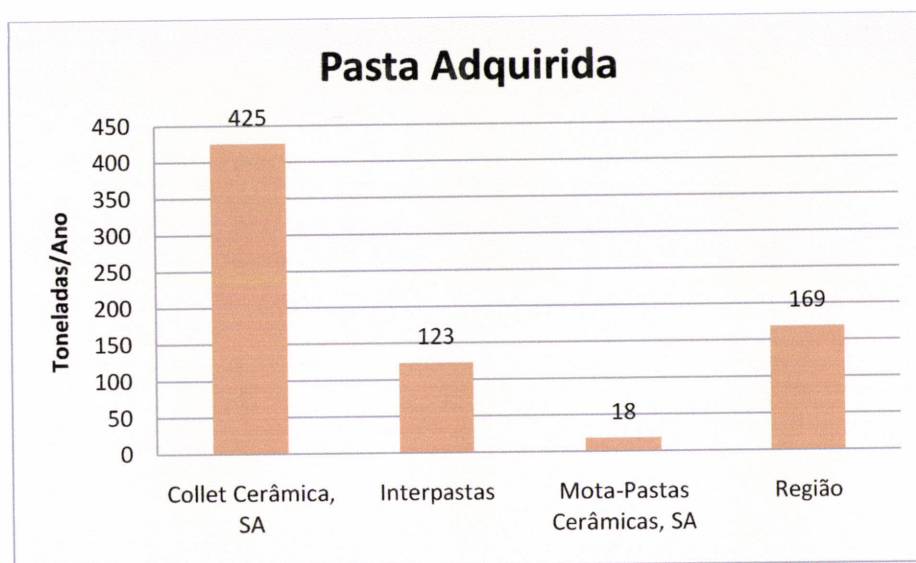


Fig. 6 - Quantidade de pasta adquirida pelos oleiros.

Quanto à quantidade de pasta adquirida anualmente verifica-se, pela análise do gráfico, que os oleiros adquirem por ano mais toneladas de pasta estrangeira do que nacional, figurando ainda as matérias-primas regionais como segunda opção.

Somente os oleiros que recolhem o barro na região e criam a sua própria pasta são os que têm conhecimento da sua origem e tratamento. Os que adquirem as pastas a fornecedores não possuem qualquer informação sobre aqueles dois parâmetros.



#### 4.8 Satisfação relativa à pasta usada

De uma maneira geral os oleiros encontram-se satisfeitos com as pastas que utilizam no fabrico das suas peças cerâmicas, tendo somente 7 % dos inquiridos revelado insatisfação (Fig. 7).

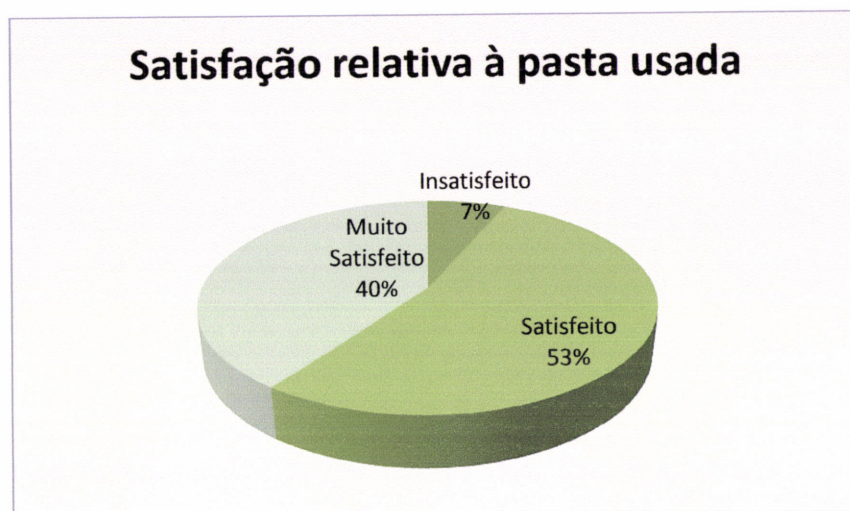


Fig. 7 - Satisfação dos oleiros relativamente à pasta utilizada

De facto, a grande maioria dos oleiros das duas regiões afirma que as pastas que usam dão garantias no que diz respeito à conformação das peças e ao comportamento ao longo da secagem e da cozedura, destacando-se mesmo uma percentagem significativa de oleiros que se mostram muito satisfeitos.

##### 4.8.1 Satisfação relativa à pasta utilizada tendo em conta a sua proveniência

De forma a completar a informação já apresentada no gráfico anterior, faz-se uma análise da satisfação dos oleiros relativamente à proveniência das pastas (Fig. 8).

Os 7 % de oleiros insatisfeitos estão relacionados com duas opiniões de oleiros de S. Pedro do Corval, sendo que um utiliza pasta da região e, outro utiliza pasta nacional. Nenhum oleiro de Redondo se manifestou insatisfeito com a pasta que utiliza.

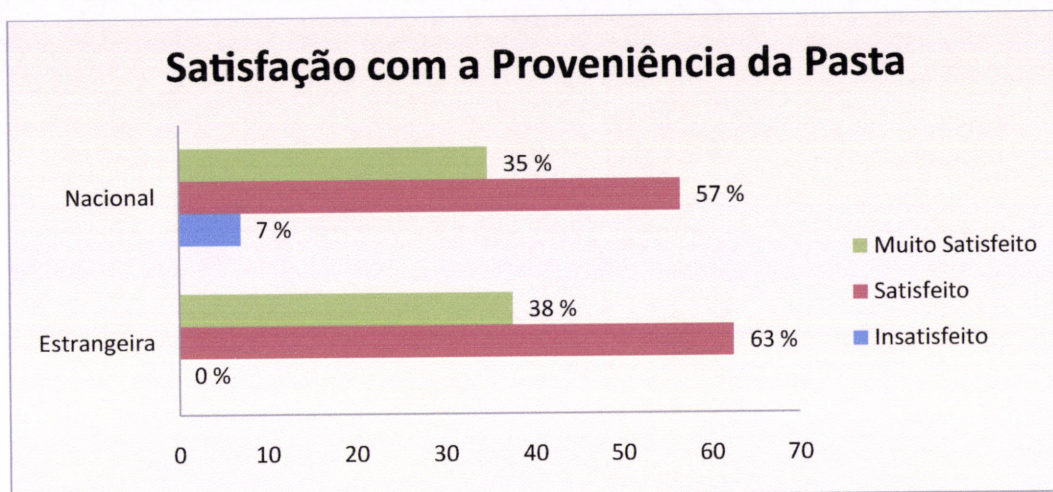


Fig. 8 - Satisfação dos oleiros relativamente à pasta que utilizam dependendo da sua proveniência

Pela informação constante no gráfico da figura 8, pode verificar-se que tanto a pasta de proveniência nacional como a pasta estrangeira proporcionam um nível de satisfação razoável, observando-se ainda valores percentuais muito próximos no que diz respeito à satisfação elevada.

#### 4.9 Tipo de forno

Apenas em S. Pedro do Corval ainda existem oleiros que possuem fornos em que o combustível é a lenha, destinados exclusivamente à produção de cerâmica estrutural. Em Redondo existem oleiros que possuem fornos a lenha mas, apenas o Mestre Baieta ainda coze com este tipo de forno.

Alguns oleiros das duas localidades têm substituído os fornos a lenha por fornos eléctricos, por estes permitirem atingir temperaturas mais elevadas durante a cozedura; outros optaram por substituir os seus antigos fornos a lenha por fornos a gás (Fig. 9).



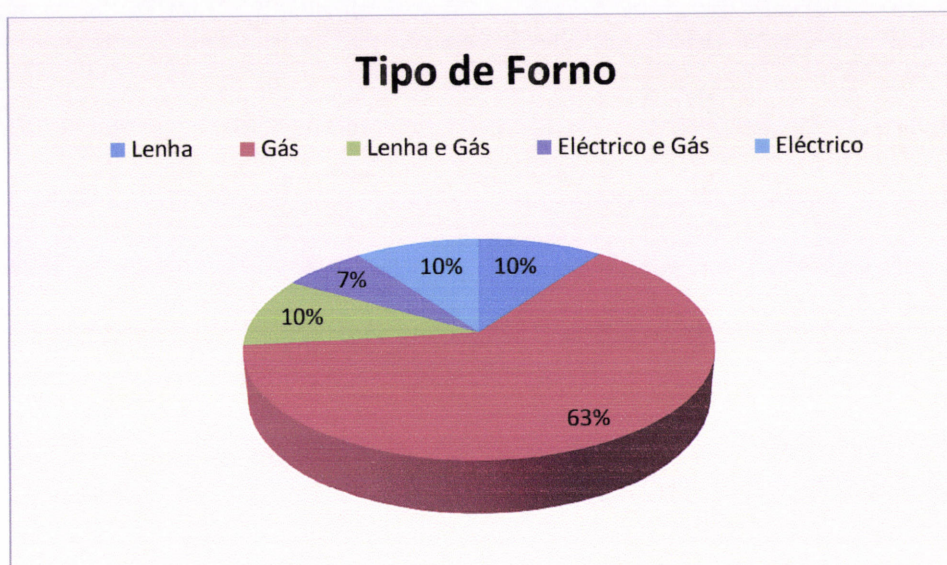


Fig. 9 - Tipo de forno utilizado pelos oleiros das duas vilas

Como se pode constatar no gráfico junto, tanto em Redondo, como em S. Pedro do Corval a maioria dos fornos que existem nas olarias funcionam a gás. Esta solução tem a ver com questões ambientais, tendo os oleiros sido obrigados a substituir os seus tradicionais fornos a lenha, para além de que os fornos a gás permitem melhor controlo dos gradientes térmicos e atingir temperaturas mais elevadas durante a cozedura.

#### 4.10 Número de cozeduras mensais

O número de cozeduras efectuadas por cada oleiro é bastante variável, estando dependente do volume de encomendas que possuam, sendo por isso impossível estabelecer-se um padrão (Fig. 10). Na vila de Redondo executa-se um menor número de cozeduras mensais por oleiro do que em S. Pedro do Corval, tal reflectindo uma maior dinâmica deste último centro oleiro.

O número de cozeduras no verão é maior que no inverno, uma vez que a louça seca mais rapidamente. Segundo os oleiros de Redondo e de S. Pedro do Corval, o número de cozeduras mensais tem vindo a diminuir drasticamente devido à redução de encomendas, realçando-se o facto de em outras épocas se terem executado três ou mais cozeduras por semana, atingindo-se, em certos períodos, cozeduras diárias.

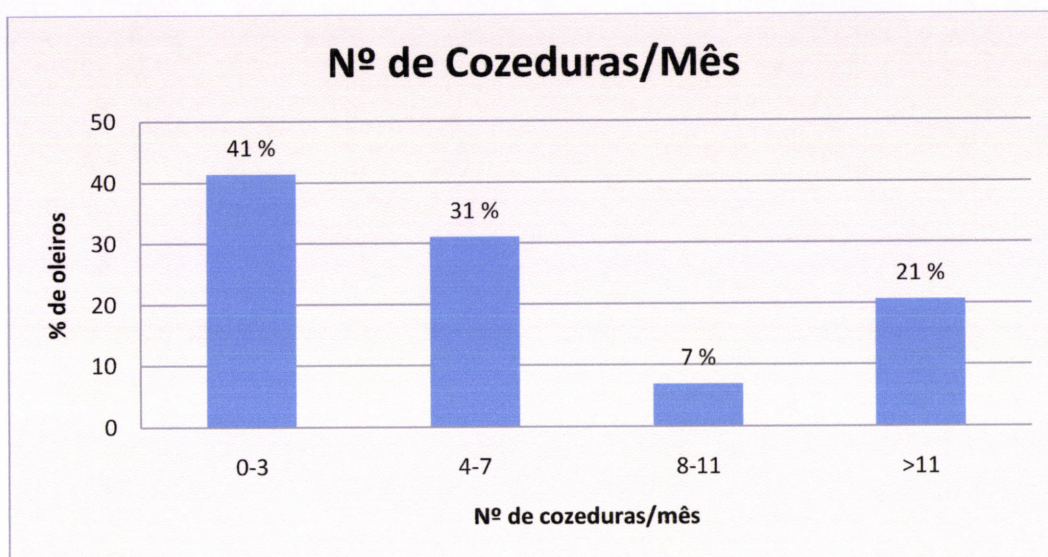


Fig. 10 - Número de cozeduras efectuadas por mês pelos oleiros

Observando o gráfico anterior constata-se que, actualmente, cerca de 41 % dos oleiros faz no máximo 3 cozeduras por mês, 31 % faz entre 4 a 7 cozeduras mensais, 7 % entre 8 a 11 cozeduras mensais e 21 % faz mais de 11 cozeduras mensais.

#### 4.10.1 Temperatura da primeira cozedura e da segunda cozedura

A primeira cozedura é designada por “cozer o branco”, “cozer a crú” ou “cozer a chacota” e, serve apenas para cozer a pasta, sendo realizada a temperaturas mais baixas que a segunda cozedura que se designa por “vidrar”, servindo para fixar o vidrado e os pigmentos cerâmicos.

Tanto em Redondo como em S. Pedro do Corval a temperatura da primeira cozedura é próxima de 900 °C e a segunda cozedura atinge valores na ordem dos 1000 °C (Fig. 11).



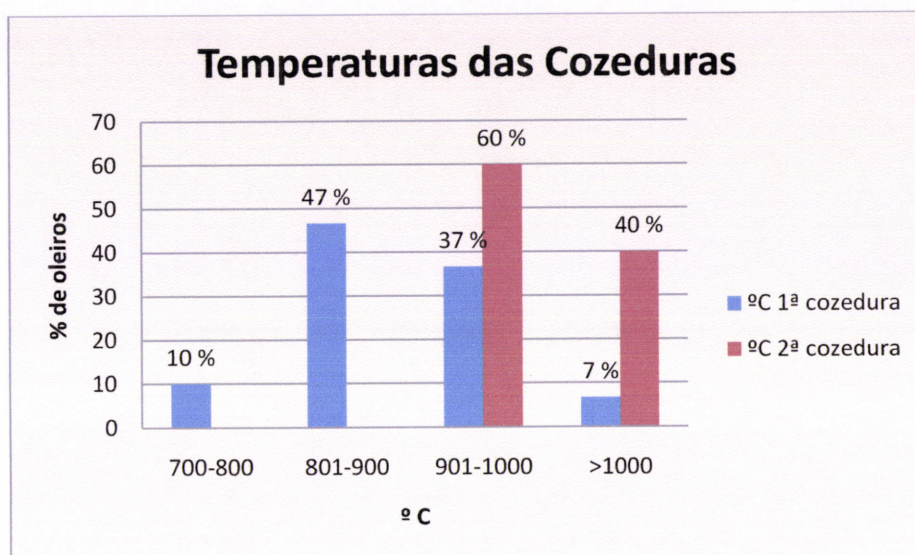


Fig. 11 - Temperaturas das primeiras e segundas cozeduras realizadas pelos oleiros

Cerca de 47 % das primeiras cozeduras estão compreendidas entre 801 °C e 900 °C, predominando as temperaturas próximas do limite superior.

Cerca de 60 % das segundas cozeduras estão compreendidas entre 901 °C e 1000 °C.

#### 4.11 Tipo de vidrado

O vidrado é aplicado nas peças cerâmicas para impermeabilização e por conferir maior resistência mecânica às mesmas.

A maioria dos oleiros das duas localidades adquire o vidrado já pronto; outros fazem o seu próprio vidrado, isto é, adquirem o pó e misturam-no com água até se formar uma calda (Fig. 12).

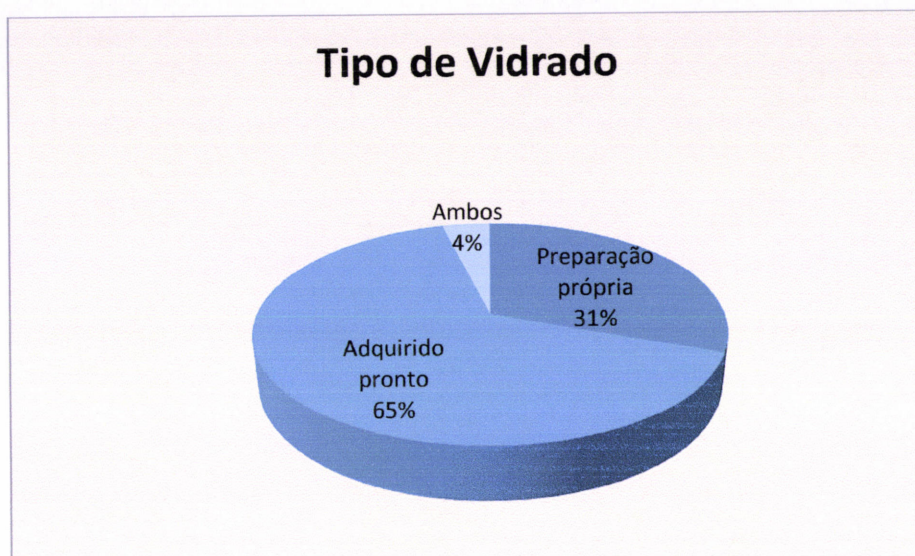


Fig. 12 – Tipo de vidrado utilizado pelos oleiros

A grande maioria dos oleiros de ambas as localidades, cerca de 65 %, adquire vidrado já pronto, 31 % dos oleiros prepara o seu vidrado e apenas 4 % utiliza as duas soluções. Esta variação depende do barro utilizado por cada oleiro, uma vez que estes adaptam o vidrado ao corpo cerâmico.

#### 4.12 Uso de engobe

O engobe é uma tinta aplicada na louça após a fase inicial da secagem da peça, podendo ser de cor vermelha, almagre<sup>6</sup> e branca, e servindo para tingir as peças.

A maioria dos oleiros de Redondo e de S. Pedro do Corval utiliza engobe nas suas peças (Fig. 13).

---

<sup>6</sup> Tipo de argila de cor avermelhada, utilizada na indústria e em pinturas rústicas.



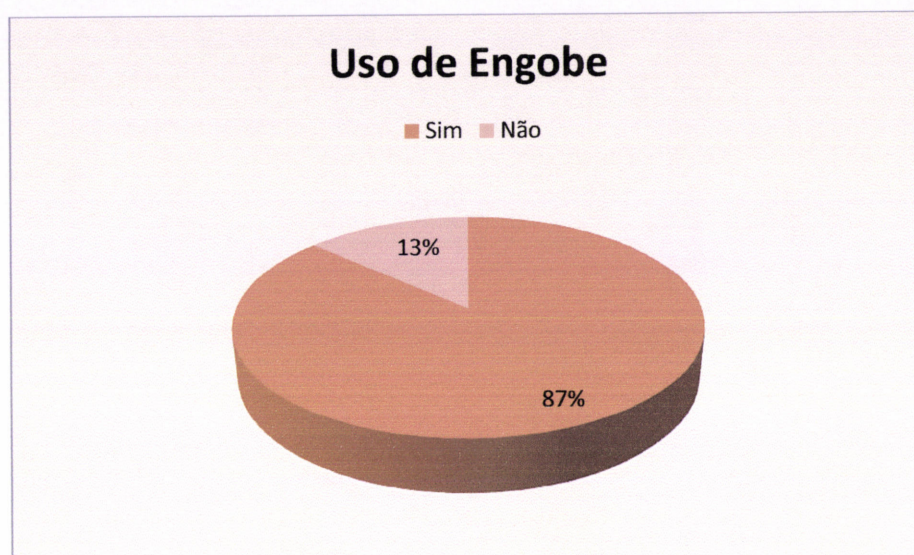


Fig. 13 – Utilização de engobe pelos oleiros

Apenas 13 % dos oleiros não utilizam engobe para produção das suas peças. A aplicação do engobe está directamente relacionado com o tipo de cerâmica que é produzida, pelo que os oleiros que não utilizam esta técnica, são aqueles que se dedicam à produção de cerâmica estrutural e também alguns que produzem peças de cerâmica utilitária.

#### 4.12.1 Origem do engobe

Os oleiros das duas vilas utilizam na sua maioria engobe importado (Fig. 14).

Neste capítulo é difícil estabelecer-se uma comparação entre as duas localidades visto tratar-se de universos bastante diferentes, sendo que em Redondo os oleiros são somente 8. No caso particular desta vila, 2 oleiros adquirem engobe nacional e 3 optam por importá-lo. Em S. Pedro do Corval é bastante menor o número de oleiros que optam pelo engobe nacional relativamente aos que optam pelo engobe importado estabelecendo-se uma relação de 5:14.

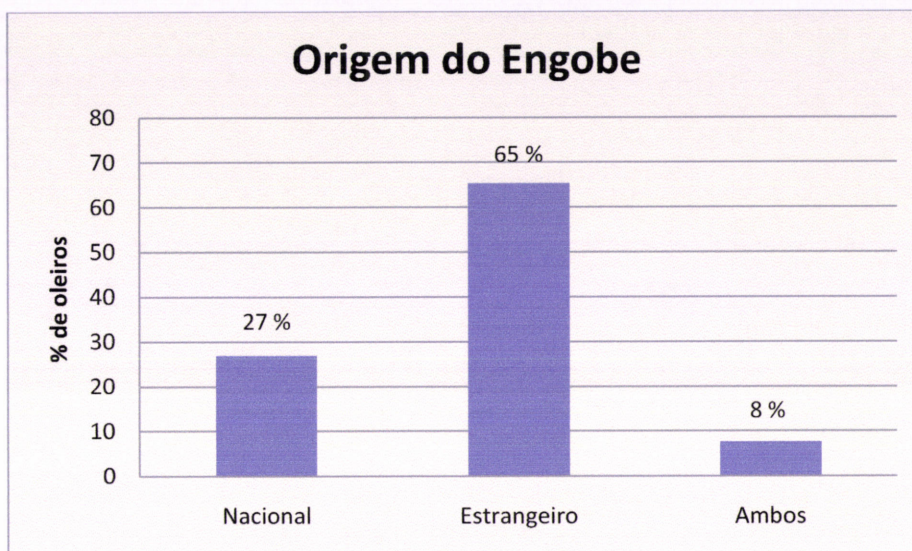


Fig. 14 – Origem do engobe utilizado pelos oleiros

Como podemos observar através do gráfico, 65 % dos oleiros utiliza engobe importado de Espanha para aplicação nas suas peças, 27 % utiliza engobe de proveniência nacional e apenas 8 % utiliza engobes tanto nacionais como estrangeiros.

#### 4.13 Clientes

Em Redondo existem oleiros que produzem exclusivamente para o mercado externo, facto que não se verifica em S. Pedro do Corval (Fig. 15). Esta característica do sector oleiro de Redondo é particularmente interessante, atendendo ao número reduzido de oleiros activos, facto só explicável pela tradição e pelas características próprias da sua cerâmica, com créditos firmados além fronteiras, desde longa data.



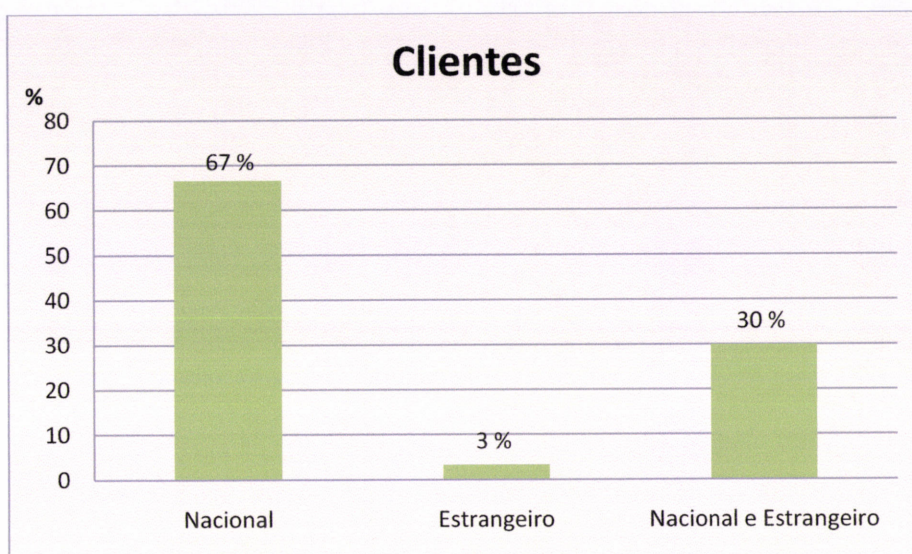


Fig. 15 – Clientes

Como é observável no gráfico anterior, o principal mercado para os oleiros das duas regiões é o mercado nacional, apresentando uns expressivos 67 %. O destino da olaria produzida em Redondo e em S. Pedro do Corval é essencialmente para lojas de artesanato, comércio em geral e restauração. No caso dos oleiros que produzem para os mercados interno e externo, os clientes nacionais têm um peso muito maior que os estrangeiros. Na maioria dos casos verifica-se que os clientes estrangeiros são turistas trazendo alguma dinâmica ao sector particularmente no verão.

#### 4.14 Apoio financeiro para desenvolver a indústria da olaria

Relativamente a esta questão verifica-se que a grande maioria das olarias nunca obteve qualquer tipo de financiamento (Fig. 16), não tendo sido possível realizar-se uma avaliação fidedigna das causas que levam à falta de apoio a este sector de actividade industrial.

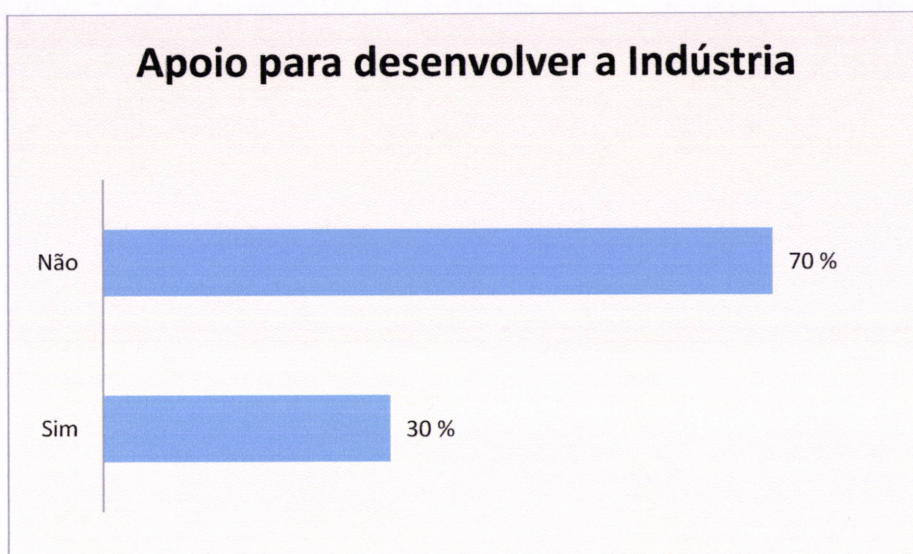


Fig. 16 – Apoio para o desenvolvimento da indústria da cerâmica tradicional

Dos oleiros inquiridos 70 % nunca beneficiou de apoios financeiros para desenvolver a sua indústria. Os restantes 30 % já obtiveram algum tipo de financiamento que permitiu realizar melhoramentos na sua actividade. Os apoios, de uma maneira geral foram concedidos pelas Câmaras Municipais, pelo Instituto de Emprego e Formação Profissional e pelo Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação, tendo possibilitado participações em feiras, formação para os seus trabalhadores, contratação de pessoas e aquisição de algum equipamento.

Relativamente aos oleiros que nunca receberam financiamento, apenas se sabe as razões de 3 oleiros de S. Pedro do Corval, tendo um deles solicitado apoio mas que nunca lhe foi concedido, outro apenas recebeu financiamento para adquirir secretárias e um computador e, o outro ainda, recebeu financiamento para a aquisição de uma feira e para promoção em feiras. Os restantes oleiros não prestaram informações suficientes.

## **5. Processos técnicos de tratamento e produção de barro**

O fabrico de um artefacto cerâmico implica um processo composto por cinco operações técnicas: preparação da matéria-prima, conformação da peça, secagem da peça, cozedura da peça e acabamento da peça. O acabamento é uma operação que nem sempre é realizado por todos os oleiros e pode ser realizado em qualquer fase da produção da peça. Estes procedimentos básicos tanto são utilizados no fabrico de louça como no fabrico de tijolo, as diferenças residem apenas nas operações específicas, uma vez que no âmbito desta tese apenas se vão estudar matérias-primas que possam ser utilizadas no fabrico de louça.

Assim, no fabrico de louça são usados três tipos de processos: o tradicional de origem mais antiga, o contemporâneo de origem mais recente e o misto. O processo contemporâneo recorre a matérias-primas produzidas industrialmente, normalmente importadas de Espanha ou de outras regiões de Portugal, substituindo o barro de origem local e utiliza equipamentos mecanizados para a preparação da pasta e conformação da louça. É também no modelo contemporâneo que se observa a substituição de fornos a lenha por fornos a gás ou eléctricos. No processo de fabrico misto, na preparação da argila local recorre-se à fieira, mas o torneamento da peça é manual e utilizam-se para a cozedura das peças os três tipos de fornos existentes, a lenha, a gás ou a electricidade (Gancho, 1998/2000).

### **5.1 A preparação da argila para louça e cerâmica de conservação**

O processo de preparação da argila local comporta três operações: a extracção, a depuração e a amassadura; mas, as duas últimas podem ser realizadas manualmente ou por um método semi-mecânico.

A extracção é feita no início e no fim do verão constituindo reservas suficientes para durar até ao verão seguinte, pois durante o inverno, para além da dificuldade da deslocação de viaturas ao local existem outras operações, descritas mais à frente, que apenas podem ser realizadas durante a época de mais calor. Nas herdades onde existem as jazidas de argila, chamadas barreiros, são escavadas covas no solo, a céu aberto, de onde é retirada a *cabeçada* que são os primeiros 50 cm do perfil do solo onde permanecem muitas impurezas e abundância de micas que causam defeitos nas peças, sendo aproveitado apenas solo que se

encontra entre 50 cm e 1 m de profundidade. Posteriormente, a terra é ajeitada de modo a diminuir o desnível do terreno, repondo-se assim a topografia inicial.

A depuração é o processo através do qual se prepara e limpa a argila antes de ser amassada. Esta amassadura pode ser semi-mecânica ou manual, realizada em tinas e tanques que normalmente existem no pátio da olaria, onde a argila é lavada e colocada a secar. Na amassadura semi-mecânica a argila era colocada em tulhas para “derregar” e posteriormente era passada na fieira que selecciona as impurezas maiores e esmaga as restantes (Gancho 1998/2000). Independentemente desta operação ser manual ou semi-mecânica, ela é também realizada no verão para facilmente a argila poder secar.

No processo manual, a depuração é constituída pelas fases seguintes: partilhar ou migar, lotear, derregar, lavar, coar a argila e decantar. Por sua vez, a depuração semi-mecânica apenas comporta as fases seguintes: partilhar ou migar, lotear e derregar.

1. Partilhar ou migar, tem lugar no pátio da olaria e consiste em desagregar os torrões e retirar algumas impurezas como pedras ou impurezas maiores;

2. Lotear consiste na mistura de argilas de qualidades diferentes, numa tina ou tulha, argilas que, geralmente provêm de barreiros diferentes, de modo a corrigir a natureza gorda ou magra da argila original; esta operação nem sempre é executada dependendo da qualidade da argila original.

3. Derregar e lavar o barro consiste em desagregar os grânulos de argila, dentro da tina ou tulha, misturando a argila com água durante várias horas; também esta operação tem a finalidade de excluir impurezas.

4. Coar e decantar a argila são processos que envolvem a peneiração da calda preparada anteriormente na tina, com auxílio de um arneiro, havendo o cuidado de não peneirar o material depositado até 30 cm do fundo, material que é considerado desperdício. O material passado no arneiro (peneiro) é depositado num tanque de chão “roto” para permitir o escoamento do excesso de água adquirida pela argila nos processos anteriores, de modo a obter-se uma consistência que permita o manuseamento da pasta.

Amassar a argila tem como objectivo eliminar as bolhas de ar formadas de modo a tornar a pasta mais homogénea e mais fina ao tacto. É nesta fase que o barro é dividido em porções

cilíndricas necessárias para a conformação de uma peça; ambos os processos são aplicados às argilas de origem local ou às pastas de barro de origem externa.

Após a conformação de um cilindro de pasta ele é rebatido com o objectivo de se retirar ainda algumas impurezas que possam ter permanecido durante a operação de sovar o barro. Num movimento de rotação inverso de cada uma das mãos, é provocada uma torção que leva à rotura do cilindro.

Por último o processo de empelar que consiste em conformada pelas, ou seja porções de pasta que o oleiro vai usar na manufactura de uma peça de louça, ou de parte dela quando esta resulta da conjugação de várias peças.

## **5.2 A conformação**

A conformação das peças cerâmicas tem como objectivo dar a forma pretendida à pasta de argila, podendo ser feita por modelagem, torneamento ou moldagem. A modelagem é sempre feita manualmente e é utilizada para a conformação de asas e feitios a aplicar nas peças. O torneamento é utilizado para a conformação de todas as peças de louça utilitária e pode ser realizada em roda de oleiro ou em torno eléctrico. A moldagem é um processo que pode ser manual para produção de peças paralelepípedicas, ou mecânica para a produção de louça aberta de pequena dimensão em moldes.

## **5.3 A secagem**

As peças cerâmicas antes da cozedura têm de ser secas. Na secagem as peças, por evaporação, perdem a água livre contida na pasta e introduzida durante a conformação. A secagem ocorre em duas fases distintas: uma que tem lugar até à temperatura de 100°C, durante a qual a água de adsorção evolui da argila; outra tem lugar a partir de 550°C, durante a qual evolui a água de constituição ou estrutural que integra a estrutura dos minerais argilosos.



Na primeira fase da evolução da água sob a forma gasosa a peça endurece e a matéria argilosa retrai de modo não uniforme, secando primeiro as capas superficiais e depois o interior da massa. Devido a ser um processo heterogéneo, a secagem é uma das operações mais delicadas, pelo que deve ocorrer muito lentamente, caso contrário as peças podem apresentar fendilhamento e deformação devido à rápida contracção verificada. Durante o verão o processo pode demorar dois a três dias, mas haverá que ter especiais cuidados para se evitar a rápida secagem; no entanto, durante o inverno, a secagem pode levar até um mês, o que permite que ela se faça gradual e homogeneamente.

A secagem não depende só do tipo de peça mas, também, do local onde ela se processa, sendo desejáveis espaços arejados e secos. Durante o processo de secagem as peças vão sendo viradas e mudadas de local dentro da olaria que ocorra para uma secagem homogénea.

#### **5.4 A cozedura**

Após a secagem da peça ao ar, a cozedura é realizada em fornos, podendo ser realizada numa ou em duas operações. Quando se realiza apenas uma cozedura designada pelos oleiros “cozer a chacota” (Gancho, 1998/2000), apenas se coze o corpo cerâmico constituído pela matéria-prima. Nesta operação ocorrem alterações físicas e químicas na argila, que endurece e adquire uma configuração permanente, a resistência mecânica à tracção passa a ser muito superior à revelada na fase de secagem, e manifesta ainda algumas propriedades refractárias e também alguma porosidade. Uma vez que nesta fase ainda ocorre retracção da argila provocada pela resposta diferencial dos minerais argilosos ao aumento da temperatura, a elevação da temperatura do forno tem de ser bastante lenta.

Quando se realizam duas cozeduras, a segunda é designada por “cozer a vidro” (Gancho, 1998/2000); o aquecimento do forno pode ser mais rápido e pode atingir temperaturas superiores a 1000 °C.

A duração das cozeduras depende da dimensão da câmara do forno, da quantidade de material cerâmico enfiado, do tipo de cozedura e da dimensão dos objectos de cerâmica.



## **5.5 O arrefecimento**

Tal como o aquecimento também o arrefecimento tem de ser uma operação lenta aquando o forno atinge a temperatura necessária à cozedura da louça a fonte de energia térmica é interrompida e o forno arrefece paulatinamente até ser atingida a temperatura ambiente. O tempo necessário para o arrefecimento da louça depende da qualidade e da quantidade da louça que existe na câmara do forno, temperatura máxima atingida, características do forno e temperatura exterior. Após o arrefecimento das peças faz-se o desenformamento, operação na qual é feita uma inspecção visual e sonora da qualidade da louça antes de se proceder à sua limpeza.

## **6. Metodologias de trabalho**

As seis amostras de “terra rossa” recolhidas e as duas pastas preparadas foram submetidas a ensaios de caracterização física, química e mineralógica, tecnológica e industrial.

As ditas amostras e pastas foram também sujeitas a ensaios tecnológicos, sendo as pastas preparadas e utilizadas pelos oleiros de Redondo e de São Pedro do Corval, provenientes de da região de Leiria e do Estrangeiro. Todos os ensaios tecnológicos e industriais realizados às matérias-primas e às pastas foram realizados no CENCAL – Centro de Formação Profissional para a Indústria Cerâmica, nas Caldas da Rainha.

A conformação das peças cerâmicas foi executada na olaria XT do Mestre Xico Tarefa, na Vila de Redondo.

Posteriormente as peças depois de conformadas, secas e cozidas foram submetidas a ensaios tecnológicos, de novo, no Laboratório do CENCAL.

### **6.1 Amostragem**

As amostras recolhidas tiveram como principal objectivo o eventual aproveitamento dos possantes horizontes de solo, existentes na zona de pedreiras, do anticlinal de Estremoz, solo resultante das destapações que antecedem a abertura das pedreiras para a exploração do mármore. Na maioria das vezes este solo é depositado a céu aberto sem que se faça o seu aproveitamento, acabando por ser contaminado com outros materiais e, tornando inviável o seu aproveitamento futuro.

O Alentejo é uma região com uma forte tradição em olaria, sendo a Vila do Redondo e a Aldeia de S. Pedro do Corval os pólos mais emblemáticos desta actividade. No entanto, ao longo dos anos tem-se notado uma gradual escassez de depósitos de argila de qualidade, levando os oleiros a adquirir a matéria-prima na região das Caldas da Rainha ou mesmo a importá-la de Espanha.

Desta forma procedeu-se à recolha de amostras, com cerca de 20 a 25 Kg cada uma, no anticlinal de Estremoz e uma amostra da Herdade do Azinhalinho, tendo em vista a sua

caracterização para fins de aplicação na olaria e, também para se comparar com as pastas que os oleiros actualmente adquirem.

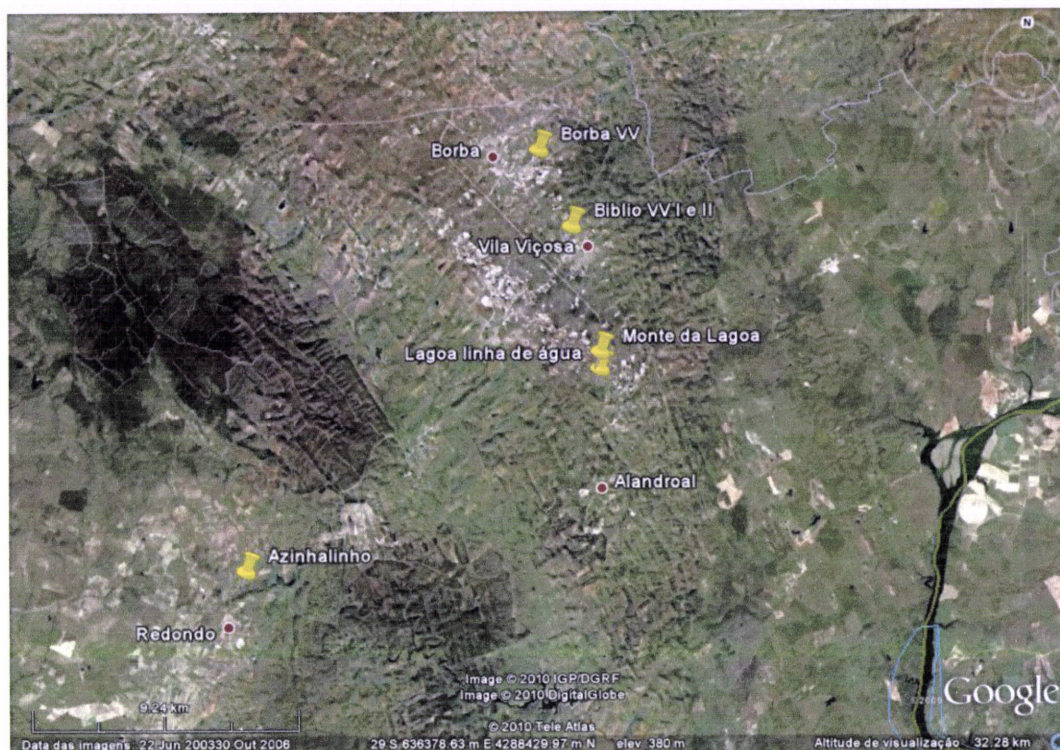


Fig. 17 – Localização geográfica das amostras de matérias-primas recolhidas no campo

Seguidamente apresenta-se uma breve descrição das amostras, as imagens dos locais de recolha, e ainda o aspecto visual das mesmas.

Destapações Biblio VV – Durante as escavações para a construção da nova biblioteca de Vila Viçosa, junto à antiga estação de caminho-de-ferro, observou-se que o material proveniente das escavações possuía elevada plasticidade. Das escavações resultou uma volumetria considerável de material, no qual foram recolhidas duas amostras, podendo este vir a ser utilizado na olaria. A recolha de duas amostras neste local teve a ver com o facto de existirem dois horizontes com tonalidade e aspecto diferentes como mostra a figura 18, importando assim classificá-los e comparar as suas características.





Fig. 18 – Os dois horizontes de solo onde foram colhidas as amostras Destapação Biblio VV I e Biblio VV II, N38° 46' 35.8'', W7° 25' 23.7''

Borba VV – Este solo constitui um depósito formado por material resultante da destapação das pedreiras localizadas junto à estrada nacional 255, entre Borba e Vila Viçosa. A recolha de uma amostra neste local evidenciou a possibilidade de se poder vir a aproveitar o solo com um volume aproximado de 3000 m<sup>3</sup>. O solo que se encontra há várias décadas exposto ao ar, possibilitando assim a sua homogeneização e amadurecimento, apesar de conter alguns resíduos da transformação do mármore, como pode ser observado na figura 19.

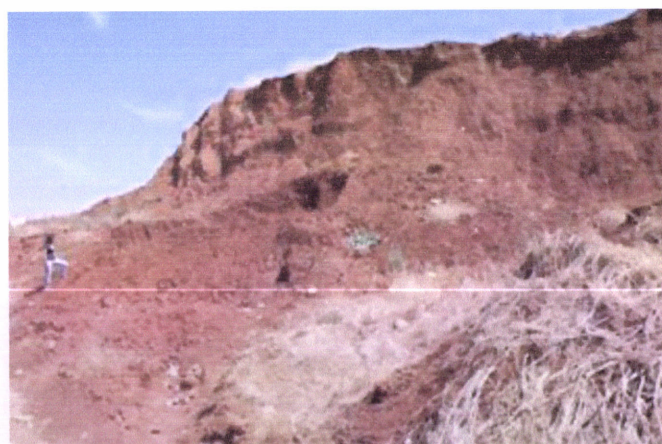


Fig. 19 – Borba - Vila Viçosa N38° 48' 05.2'', W7° 26' 25.1''

Depósito Monte da Lagoa – Este solo constitui um depósito situado no Monte da Lagoa no extremo Sudeste do anticlinal de Estremoz. Tal como o solo Borba VV, também o solo Monte da Lagoa se encontra há várias décadas exposto ao ar, homogeneizado e amadurecido. Este

depósito em termos de volume é cerca do dobro do volume ( $6000 \text{ m}^3$ ) do depósito de Borba VV.



Fig. 20 – Depósito Monte da Lagoa N38° 44' 22.7'', W7° 24' 36.3''

Lagoa linha de água – Este solo está localizado relativamente perto do local do Depósito Monte da Lagoa; o solo apresenta um perfil que em certos locais ronda os 7 metros de espessura e, provando-se a sua viabilidade em olaria, ficará assegurado a matéria-prima para os oleiros durante algumas décadas.



Fig. 21 – Lagoa linha de água N38° 44' 03.6'', W7° 24' 34.6''



### **6.1.1 Enquadramento geológico**

O enquadramento geológico das amostras de solo estudadas teve por base as notícias explicativas das cartas 36-B e e 36-D, do Mapa Geológico de Portugal na escala 1:50.000 (Serviços Geológicos de Portugal, actual Laboratório Nacional de Energia e Geologia).

#### **6.1.1.1 Redondo – barreiro do Azinhalinho**

Os barreiros explorados para olaria ocorrem sobre rochas ígneas (granodioritos e quartzodioritos gnáissicos com dioritos associados). É da meteorização destas rochas que resultam um conjunto de minerais secundários, na sua maior parte filossilicatos hidratados a que se associam quartzo e outros minerais que resistem aos processos de meteorização. Estes originam uma disposição por horizontes estratificados que o oleiro identifica visualmente seleccionando os que tem os “barros” apropriados para a olaria (Lopes, Martins e Rosado 2008).

Na região ocorrem dois grandes afloramentos de rochas granodiorítico-quartzodioríticas, fazendo parte dos maciços eruptivos de Redondo e de S. Miguel de Machede. Trata-se de maciços intrusivos, alongados e concordantes com as estruturas regionais. Implantaram-se, ao nível da Formação de Ossa, em terrenos de grau metamórfico elevado, ocupando núcleos de megaestruturas de 2ª fase; apresentam lineação e foliação gnáissica conformes, respectivamente, com os eixos e planos axiais das dobras dos terrenos encaixantes.

Os maciços granodioríticos incluem afloramentos de metassedimentos, alguns de grande extensão, onde é frequente a fácies corneânica. As rochas dos maciços eruptivos encontram-se, habitualmente, deformadas, denotando lineação pronunciada. Ao microscópio o quartzo mostra extinção ondulante; apresenta-se em cristais xenomórficos, constituindo mosaico granoblástico e em agregados lenticulares dispostos paralelamente à lineação. A deformação atinge, igualmente, os outros minerais; não só os feldspatos reflectem os seus efeitos, como também os minerais corados registaram a deformação, dispondo-se mais ou menos paralelamente, às vezes à custa de cisalhamento conjugado.

Em resultado da deformação, os minerais reorientam-se e recrystalizam, em parte, como o quartzo, conferindo a estes granitóides textura gnáissica, mais ou menos acentuada. Do ponto de vista petrográfico, as rochas predominantes são os granodioritos, passando frequentemente a tonalitos. São rochas de textura hipidiomórfico-granular, de grão médio, constituídas essencialmente por: quartzo, plagioclase, biotite, homeblenda e feldspato potássico. Acessoriamente, ocorrem a esfena, apatite, zircão, clorite, sericite, epídoto, calcite e minério opaco.

Diferenciações dioríticas e, raramente, gabróicas, são conhecidas e tanto ocorrem localmente, sem significado especial, como podem originar afloramentos que foram sujeitos a exploração para rochas ornamentais no passado (i.e. Monte Branco). Nestes dioritos, além de terem composição mais básica, nota-se maior concentração de elementos máficos, podendo a homeblenda desenvolver-se bastante a ponto de originar megacristais.



Fig. 22 – Mapa com localização do barreiro Azinhalinho, na região de Redondo. Adaptado da Carta Geológica de Portugal 1:50.000, folha 36-D Redondo, escala modificada.



#### 6.1.1.2 Anticlinal de Estremoz

Para além da amostra do Azinhalinho, as restantes foram recolhidas em solos residuais provenientes da estrutura anticlinal de Estremoz. As amostras de “terra rossa” têm proveniência da dissolução dos carbonatos de rochas carbonatadas, também os xistos e metavulcanitos presentes na estrutura originaram solos residuais argilosos, com horizontes bem definidos e passíveis de serem explorados. O “vale viçoso” entre Borba e Vila Viçosa, que se situa sobre as rochas mais antigas, de idade pré-câmbrica, é um exemplo. As amostras de solo recolhidas nas escavações para a futura biblioteca pública de Vila Viçosa, situam-se sobre a Formação Dolomítica de Estremoz mas, a cotas mais baixas que os Xistos de Mares que afloram próximo e que, também podem ter contribuído para a formação desta matéria-prima.

Assim, no anticlinal de Estremoz, a sequência estratigráfica inicia-se com o soco Proterozóico (Formação de Mares – essencialmente composta por xistos negros, chertes e grauvaques), sobre o qual repousa discordantemente a Formação Dolomítica (conglomerados, arcoses, vulcanitos ácidos a básicos, calcários dolomíticos e calcíticos, intercalados, por vezes xistificados); a idade é considerada do Câmbrio inferior, por comparação com a Formação Carbonatada de Elvas. No topo dos calcários dolomíticos ocorre um horizonte silicioso descontínuo, localmente mineralizado com sulfuretos, que tem sido referido como marcador de uma importante lacuna (Oliveira, V., 1984; Carvalhosa *et al.*, 1987; Lopes, 1995, 2003), resultante da exposição sub-aérea dos carbonatos durante o Câmbrio médio e superior, o que localmente teria provocado carsificação e silicificação. Outra explicação para este nível silicioso seria a sua relação com a actividade vulcânica que se observa nos níveis superiores da Formação Dolomítica, não necessariamente em meio aéreo (Vintém, comunicação oral, *in* Lopes, 2003).

Sobre esta discordância ocorre o Complexo Vulcano-sedimentar-carbonatado de Estremoz, constituído por mármore e calcoxistos e intercalações de vulcanitos ácidos e básicos.

A idade deste Complexo tem sido objecto de controvérsia face à inexistência de fósseis. Inicialmente considerado do Câmbrio inferior (Carvalho *et al.*, 1971) ou subdividido entre o Câmbrio e o Silúrio (Gonçalves & Coelho, 1974), foi posteriormente considerado do Ordovício (V. Oliveira *et al.*, 1984; Carvalhosa *et al.*, 1987). Piçarra (2000), a partir da



correlação entre as estruturas de Estremoz e Ferrarias (que aflora para sudeste da primeira), chega a referir a possibilidade de os mármore ser devónicos.

Na terminação periclinal SE do anticlinal de Estremoz e desde a zona dos Peixinhos (a SE de Vila Viçosa), passando por Pardais e seguindo para NW por Bencatel, Barro Branco e até próximo de Glória, ocorrem mármore escuros, designados por "Ruivina". O facto destes níveis carbonatados serem os mais altos da série carbonatada pode ser indiciador duma variação de fácies, de um ambiente sedimentar oxidado passaríamos a um ambiente redutor que teria continuidade nos níveis grafitosos, por vezes graptolíticos, que lhes são sobrejacentes (Lopes, 2003).

A envolver o anticlinal de Estremoz há uma sequência que se inicia por liditos, xistos negros carbonosos e novas intercalações de liditos. Pelos graptólitos encontrados (Oliveira *et al.*, 1991) do Landoveriano médio, logo contemporâneos dos liditos basais da região de Barrancos, a sequência silúrica de Estremoz parece ter idade semelhante à de Barrancos. Esta sequência é ainda envolvida por uma sucessão xistenta onde estão representadas unidades litoestratigráficas referíveis às "Formações de Barrancos, Colorada e Xistos com Nódulos e Fatuquedo" (Oliveira *et al.*, 1991). Segundo Piçarra *et al.* (1993) não é de excluir que alguns dos níveis xistentos sejam de idade devónica.

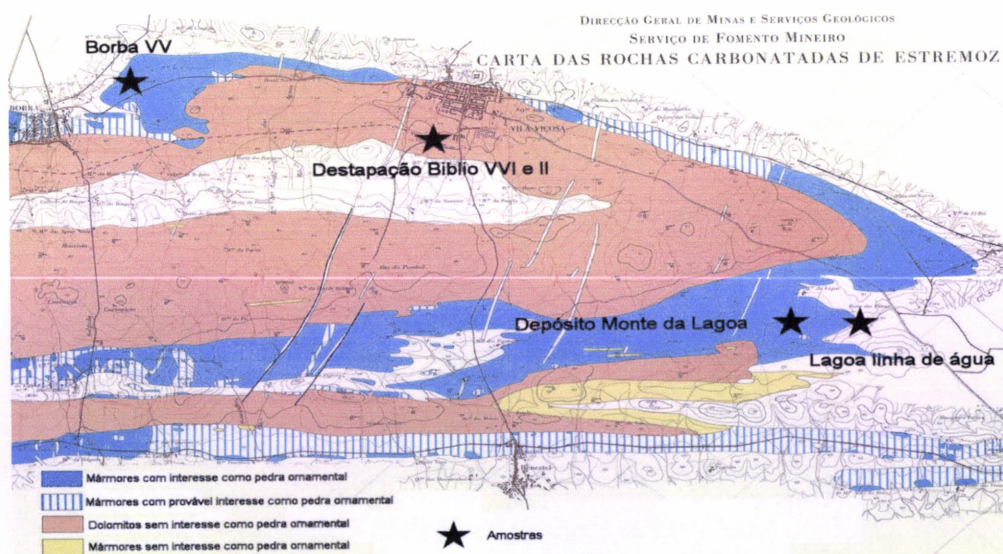


Fig. 23 – Adaptação da Carta das Rochas Carbonatadas de Estremoz (Gonçalves, 1972), com localização das amostras recolhidas no anticlinal de Estremoz. Escala modificada.

## **6.2 Ensaios laboratoriais de caracterização físico química**

Os ensaios de caracterização e de avaliação das propriedades físicas inerentes às argilas, tais como: análise granulométrica à fracção superior a 0,075 mm, expansibilidade, plasticidade, limites de consistência, determinação de matéria orgânica, foram realizados no Laboratório de Geotecnia pertencente ao Departamento de Geociências da Universidade de Évora. Todos os ensaios de caracterização físico química, à excepção dos ensaios de expansibilidade, teor de humidade e teor de matéria orgânica, foram executados nas amostras recolhidas no campo e tal e qual como chegaram ao laboratório e, posteriormente após corte granulométrico, foram executados na fracção inferior a 0,125 mm.

As análises químicas e mineralógicas, como a espectrometria de fluorescência de raios-X, a difracção de raios-X e ainda a granulometria foram realizadas na fracção inferior a 0,075 mm das amostras no Departamento de Geociências e na Unidade de I&D GeoBioTec da Universidade de Aveiro.

Após a recolha das amostras estas foram espalhadas sobre plásticos e deixadas a secar ao ar.

As amostras depois de secas foram desagregadas manualmente com o auxílio de maços de borracha, de forma a não reduzir o tamanho individual das partículas.

Após esta etapa de desagregação, as amostras foram sujeitas a quarteamentos sucessivos, pelo uso de um repartidor, evitando-se possíveis segregações granulométricas. Retirou-se uma porção entre 3000 g a 2000 g de cada amostra. O restante material foi armazenado para futura utilização nos ensaios cerâmicos tecnológicos e industriais.

As porções de 3000 g a 2000 g foram sub-divididas em outras quatro porções com massas compreendidas entre 750 g a 500 g através de quarteamentos, para serem utilizadas na execução de ensaios físicos de caracterização.

1) Uma das porções foi utilizada directamente para a realização da análise granulométrica da fracção superior 0,075 mm (nº 200); 2) outra das porções foi peneirada no peneiro nº 40 (0,425 mm), e do material passado foram extraídas porções para os ensaios de expansibilidade e dos limites de consistência; a parte sobranete foi passada no peneiro nº 230

(0,063 mm), para a formação de provetes para os ensaios de difracção de raios-X e fluorescência de raios-X; 3) de uma outra porção foi peneirada uma parte no peneiro nº 10 (2,00 mm) de onde saíram provetes para a determinação de matéria orgânica e outra parte para a análise granulométrica da fracção inferior a 0,075 mm (nº 200); 4) uma das porções ficou de reserva, pois esta porção de reserva, para a eventualidade de se ter de repetir alguns ensaios.

A restante amostra foi moída (capítulo 6.3) e preparada como a amostra tal e qual para a realização de alguns ensaios de caracterização físico química.

### **6.2.1 Análise granulométrica**

A análise granulométrica da argila é fundamental para a utilização desta na indústria da cerâmica, pois condiciona o seu comportamento como uma matéria-prima ou como pasta durante o processo cerâmico. Características como a plasticidade, variação de volume durante a secagem e cozedura, absorção após cozedura e resistência mecânica dependem da granulometria das matérias-primas. A argila contém minerais argilosos que possuem, em regra, dimensão inferior a 2  $\mu\text{m}$  e minerais não argilosos cujas partículas não devem possuir dimensão superior a 2mm e que, no conjunto devem constituir uma pasta devidamente homogeneizada evitando-se comportamentos diferenciados no mesmo corpo cerâmico.

Este ensaio permite determinar quantitativamente a distribuição por tamanhos das partículas que constituem um solo.

A textura de um solo é definida pelas dimensões das partículas que o constituem bem como pelas respectivas proporções relativas (Gomes, 1988).

De acordo com a classificação de Atterberg as partículas do solo repartem-se por diversas classes. A divisão em classes é feita segundo uma progressão geométrica de razão dez, e os

valores limites das classes foram determinados pelas propriedades físicas, como a capilaridade, adesão e sensibilidade aos movimentos brownianos<sup>7</sup>.

Quadro I – Classificação dimensional das partículas segundo Atterberg

<b>Dimensão (mm)</b>	<b>Designação Portuguesa</b>
> 200	Bloco
200 - 20	Burgau
20 - 2	Seixo
2 - 0,2	Areia Grossa
0,2 - 0,02	Areia Fina
0,02 - 0,002	Limo ou Silte
< 0,002	Argila

Mais tarde, Wentworth em 1922 divulgou uma classificação granulométrica mais pormenorizada

---

<sup>7</sup> Robert Brown em 1827, definiu como um movimento aleatório de partículas macroscópicas de um fluido como resultado do choque das moléculas do fluido nas partículas.

Quadro II – Classificação dimensional das partículas segundo Wentworth

Largura		Designação		
		Inglesa	Portuguesa	
Milímetros (mm)	> 256	Boulder	Bloco	Fenoclastos
	256 - 64	Cobble	Burgau	
	64 - 8	Pebble	Seixo	
	8 - 2	Granule	Areão	
	2 - 1	Very Coarse Sand	Areia muito grosseira	Areia
	1 - 0,5	Coarse sand	Areia grosseira	
	0,5 - 0,25	Medium sand	Areia média	
	0,25 - 0,125	Fine sand	Areia fina	
	0,125 - 0,063	Very fine sand	Areia muito fina	
Micra ( $\mu$ m)	63 - 31	Coarse silt	Limo Grosseiro	Limo
	31 - 15,6	Medium silt	Limo médio	
	15,6 - 7,8	Fine silt	Limo fino	
	7,8 - 3,9	Very fine silt	Limo muito fino	
	3,9 - 2,0	Coarse clay	Argila grosseira	Argila
	2,0 - 1,0	Medium clay	Argila média	
	1,0 - 0,5	Fine clay	Argila fina	
	0,5 - 0,25	Very fine clay	Argila muito fina	
	0,25 - 0,13	Colloids	Colóides	

Existem vários métodos para a determinação da análise granulométrica, neste caso, foi utilizado a peneiração por via húmida para a fracção superior a 0,075 mm e um granulómetro com fonte de raios-X da marca Sedigraph para a fracção de grão inferior a 0,075 mm.

#### 1. Procedimento da primeira fase, peneiração, da análise granulométrica

A peneiração por via húmida da fracção superior a 0,075 mm, foi realizada com base na especificação do LNEC (E 239 – 1966), utilizando-se para tal, uma bateria de peneiros ASTM, dispostos por ordem decrescente de abertura de malha: 9,5mm (nº 3/8), 4,75mm (nº 4), 2,00mm (nº 10), 0,850mm (nº 20), 0,425mm (nº 40), 0,250mm (nº 60), 0,106mm (nº 140) e 0,075mm (nº 200);

- a toma de solo para este ensaio foi colocada na estufa a 105-110°C, durante 24h;
- passadas as 24h a toma foi colocada num exsiccador para arrefecer;
- depois da toma estar arrefecida foi pesada e registou-se a sua massa;
- após este procedimento iniciou-se a peneiração húmida.

As fracções obtidas foram secas na estufa a 105 - 110°C, durante 24 h, e após o seu arrefecimento no exsiccador foram pesadas tendo-se registado a massa de cada uma.

## 2. Procedimento da segunda fase da análise granulométrica - sedimentação

A cada amostra de 3,5 g de solo foi adicionado 60ml de hexametáfosfato de sódio a 1% que é um desfloculante e dispersa com um agitador de ultra sons durante cerca de um minuto. Posteriormente foi colocada num pequeno contentor, agitada com um íman e levada ao granulómetro Sedigraph da Micromeritics para analisada.

Os dados foram tratados e construíram-se as seguintes curvas granulométricas:

- as curvas para as amostras tal e qual e após moagem com grão de dimensão superiores a 0,075 mm;
- as curvas para as amostras tal e qual e após moagem com grão de dimensão inferior a 0,0075 mm.

### 6.2.2 Limites de consistência

A variação do teor de água num material argiloso ou argila pode conduzir a diferentes estados de comportamento. À medida que se adiciona água o material argiloso ou argila passa pelos seguintes estados: sólido que não é moldável; semi-sólido ou friável, de difícil moldagem, fragmentando-se; plástico ou moldável, permitindo ser moldado e adquirir uma forma; líquido ou fluído, não permitindo moldagem (Fig. 24).

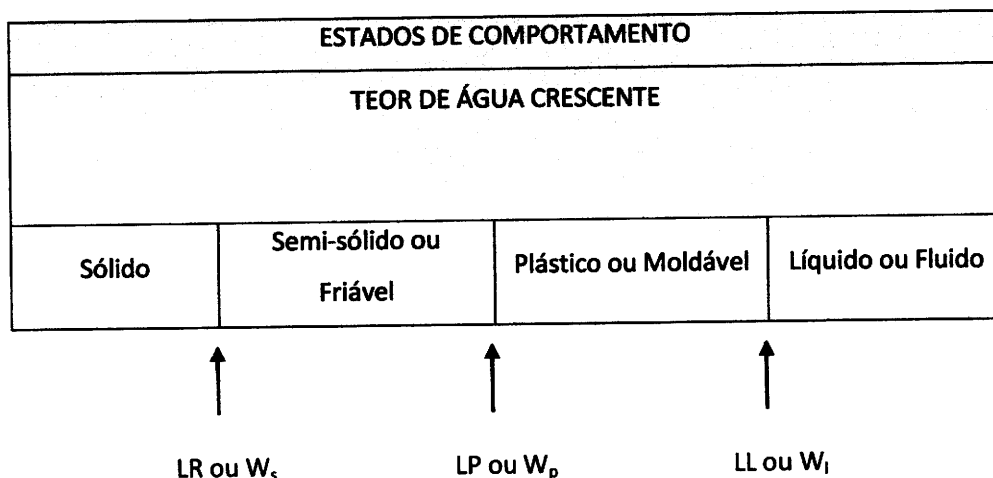


Fig. 24 – Representação esquemática do significado físico dos limites de consistência

LR ou  $W_s$  – limite de retracção

LP ou  $W_p$  – limite de plasticidade

LL ou  $W_l$  – limite de liquidez

Fonte: (Faria 2005)

A plasticidade de um material argiloso está relacionada com a capacidade de este ser moldado quando lhe é adicionado uma quantidade adequada de água. A plasticidade é ainda influenciada por outros factores físicos e químicos tais como, mineralogia, distribuição dimensional das partículas, forma das partículas dos minerais argilosos, estado de agregação das partículas em particular dos minerais argilosos, valor da carga eléctrica dos cristais dos minerais argilosos, natureza dos catiões de troca da argila e grau de desfloculação ou de estruturação das pastas (Gomes, 2002).

Existem métodos directos e indirectos que avaliam a plasticidade de uma argila. Os métodos directos são os que definem de modo mais aproximado o comportamento plástico da argila e determinam o efeito que produz o teor de água sobre a relação existente entre a força aplicada e a deformação produzida. Os métodos indirectos avaliam a plasticidade propriamente dita, relacionam o teor de água com os diferentes comportamentos apresentados por uma argila. O método indirecto utilizado para a determinação da

plasticidade das amostras foi o de Atterberg (1911), que se designa por limites de consistência de Atterberg.

Quadro III – Classificação dos materiais geológicos baseada no índice de plasticidade (Faria, 2005)

IP (%)	Classificação	Descrição
0 – 1	Não plástico	Silte
1 – 5	Ligeiramente plástico	Silte com traços de argila
5 – 10	De baixa plasticidade	Silte com pouca argila
10 – 20	De plasticidade média	Argila e silte
20 – 35	De alta plasticidade	Argila siltosa
>35	Muito plástico	Argila

O ensaio para a determinação dos limites de consistência foi realizado com base na norma portuguesa NP 143-1969.

Tal como foi referido atrás, o solo foi peneirado através do peneiro com a malha 0,425 mm (nº 40), e cerca de 200 g a 300 g foi colocado num recipiente e humedecido com água destilada, deixando ficar em repouso no mínimo durante 3 dias para a homogeneização do sistema argila/água, formando-se assim uma pasta homogénea. Sempre que foi necessário acrescentar mais água para a realização dos ensaios homogeneizou-se a pasta durante 15 minutos.

Desta preparação realizaram-se os ensaios de determinação do limite de liquidez e do limite de plasticidade.

A determinação do limite de liquidez (LL) especificada pela norma referida é apenas aplicada a solos com cerca de 30 % ou mais, em peso de partículas de dimensões inferiores a 0,05 mm.

O limite de liquidez de uma amostra de solo é o limite entre o estado plástico e o estado fluido. Corresponde ao teor de humidade para 25 pancadas, obtido por interpolação numa curva que relaciona o teor de humidade de cada um dos 4 provetes da amostra, com o número de pancadas para o qual os bordos inferiores de um sulco aberto num provete se unem numa extensão de 1 cm, quando o ensaio é feito na concha de Casagrande.



A concha de Casagrande é um aparelho constituído por uma calote esférica de latão, com uma espessura de 2,0 mm e por um dispositivo mecânico que permite fazer levantar a calote que em seguida cai, de uma altura regulável, sobre uma base dura. Para cada provete, a concha de Casagrande é coberta por solo e realiza-se um sulco segundo o diâmetro da concha normal ao eixo da manivela, e mantendo-o perpendicular à superfície da concha como mostra na figura 22. O sulco é realizado com um riscador, que é uma peça em latão com uma das extremidades em perfil triangular com o vértice truncado numa largura de 2,0 mm, e a outra com um calibre de 10,0 mm destinado a permitir regular a altura de queda da concha.

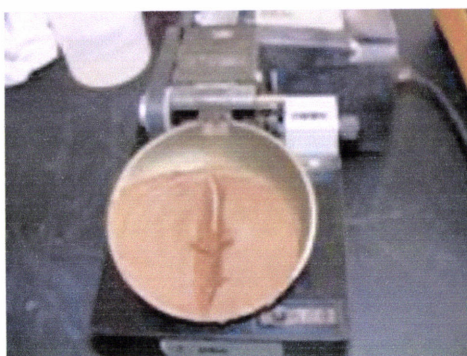


Fig. 25 – Concha de Casagrande

Após a preparação do provete, acciona-se a manivela à velocidade de 2 pancadas por segundo, até que as duas porções do provete, devido às pancadas da concha sobre a base, entrem em contacto pela parte inferior do sulco numa extensão de cerca de 1 cm e anota-se o número de pancadas correspondente.

Com a ponta da espátula retirou-se uma pequena quantidade de provete na zona do sulco em que se deu a união. Entre cada ensaio limpou-se muito bem a concha e o riscador, após o que se deixaram secar. Repetiu-se o ensaio de forma a obterem-se 6 provetes (3 abaixo das 25 pancadas e 3 acima das 25 pancadas), que seguidamente foram secos a 105 - 110°C, durante 24 h, numa estufa. Depois do período de tempo referido os provetes foram arrefecidos no exsicador e pesados, escolhendo-se os 4 provetes mais próximos da linha de tendência.

Tal como o limite de liquidez, também o limite de plasticidade (LP) foi apenas aplicada a solos com cerca de 30 % ou mais, em peso, de partículas de dimensões inferiores a 0,05 mm.

O limite de plasticidade corresponde ao limite entre o estado semi-sólido e o estado plástico, tendo sido obtido através da formação de filamentos cilíndricos, com cerca de 3,0 mm de diâmetro, por rolamento entre a palma da mão e uma placa de vidro, até que eles se rompessem. Sempre que o filamento com 3,0 mm de diâmetro não se rompa forma-se uma esfera e rola-se de novo. Após a rotura, aglomeram-se os filamentos e pesa-se o conjunto. Repetiu-se o ensaio de forma a obterem-se 6 provetes para, depois de secos durante 24 h em estufa e arrefecidos num exsicador serem pesados; foram escolhidos os 4 provetes com os teores de humidade mais próximos.

O índice de plasticidade de Atterberg foi determinado pela diferença entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade.

### **6.2.3 Expansibilidade e teor de humidade**

A expansibilidade é uma propriedade estudada para a caracterização geotécnica de rochas silto-argilosas, mas uma vez que a expansibilidade está relacionada com processos físico-químicos, pois consiste numa libertação de tensões associada à hidratação dos minerais argilosos e à alteração química de minerais não expansivos em minerais expansivos, foi relevante realizar o ensaio de expansibilidade nas amostras estudadas.

Na expansibilidade da argila a hidratação pode ocorrer de diferentes formas, sob a forma de água adsorvida ou de adesão entre a superfície dos grãos de sedimento particularmente dos minerais argilosos e as moléculas de água, de água capilar que ocupa os microporos, e de água livre que ocupa os macroporos.

Assim, a expansibilidade pode ser caracterizada como: intercristalina, quando a água é adsorvida nas superfícies externas dos cristais dos minerais argilosos e nos vazios existentes entre eles; e intracristalina, quando a água é absorvida na estrutura dos minerais argilosos levando ao afastamento ou expansão das camadas estruturais dos mesmos.

A expansibilidade dum solo ou duma argila também pode resultar da alteração de minerais preexistentes, não só através de processos de hidratação como já foi referido, como através de processos de oxidação.

O ensaio de expansibilidade foi executado com base na especificação do LNEC E200-1967. Este ensaio permite determinar a variação de volume, expressa em percentagem, que resulta da absorção de água pelo solo, por capilaridade, através de uma placa porosa.

Após o solo ter sido peneirado através do peneiro com abertura 0,425 mm (nº 40), o passado foi à estufa para secar a 60 °C, durante 16 h. Terminado aquele tempo o copo foi hermeticamente fechado e arrefecido no exsicador, que foi aberto no minuto anterior à realização do ensaio.

O aparelho para a determinação do ensaio de expansibilidade é montado colocando sobre a base a placa porosa e fixando a esta o molde e a respectiva alonga. Com um pilão compacta-se o solo em duas camadas aproximadamente iguais para que o total exceda ligeiramente o bordo do molde. Cada uma das camadas é compactada com compressões, uniformemente distribuídas, com o ritmo de uma compressão por segundo e a força a exercer deve ser apenas a necessária para a compactação. Após a compactação, retira-se a alonga e rasa-se cuidadosamente o excedente do solo com uma espátula, de modo que a superfície fique plana e nivelada com os bordos do molde. Terminada esta operação, volta-se a montar a alonga e pousa-se sobre o solo a placa de perspex.

O aparelho foi colocado dentro de um recipiente e o deflectómetro foi montado com precisão de 0,01 mm, apoiando a ponta da haste no centro da saliência cilíndrica da placa de perspex.

O recipiente foi cheio com água destilada até ao nível da face superior da base do aparelho, que corresponde à face superior da placa porosa que se encontra em contacto com o solo, colocando-se nesse momento o cronómetro a funcionar.

Fizeram-se leituras periódicas do deflectómetro até que duas leituras consecutivas dessem o mesmo valor ou a última leitura registasse um valor inferior, situação essa que ocorre por vezes quando termina o processo de expansão e dá-se o rearranjo das partículas.

Através deste ensaio foram ainda determinados os teores de humidade dos provetes após o ensaio de expansibilidade, com intuito de se estabelecer uma correlação entre a expansibilidade e a capacidade de adsorção/absorção dos materiais ensaiados.

#### **6.2.4 Matéria orgânica**

A determinação da matéria orgânica foi realizada através da sua oxidação, utilizando peróxido de hidrogénio ( $H_2O_2$ ) a 35 %. A toma de solo para este ensaio foi passada no peneiro 2,0 mm (nº10), e após quarteamento, pesou-se 5 g. Esta quantidade foi seca na estufa à temperatura de 105-110 °C, durante 24 h, e posteriormente arrefecida no exsiccador. Após o arrefecimento preparou-se um provete de 1 g. À amostra foi adicionado peróxido de hidrogénio a 35 % e, depois das primeiras reacções a mistura foi colocada a aquecer numa placa de aquecimento. O ensaio decorreu enquanto a mistura revelasse efervescência. Seguidamente a amostra foi colocada novamente na estufa a 105 - 110°C, durante 24 h, para secar e, depois introduzida no exsiccador para arrefecer. Por fim a amostra foi novamente pesada.

#### **6.2.5 Composição mineralógica**

A análise mineralógica permite identificar, caracterizar e quantificar os minerais existentes numa amostra.

O método utilizado foi o de difracção de raios X, pois permite obter uma análise aproximada e aceitável da quantidade de minerais argilosos e não argilosos existentes numa amostra, especialmente quando estas se apresentam com uma composição mineral pouco complexa (Gomes, 1988). Assim, na realização deste ensaio admitiu-se teoricamente que todas as espécies minerais presentes eram puras, correspondendo a uma fórmula química ideal, não tendo em conta os desvios estequiométricos que na realidade ocorrem e existem.

Segundo Gomes (1988), cada espécie mineral cristalina tem um modelo de difracção específico a partir do qual ela pode ser identificada, mesmo quando faça parte de misturas mais ou menos complexas com outras espécies minerais.

Os registos ou difractogramas obtidos pelo difractómetro de raios-X evidenciam directamente as intensidades dos máximos de difracção, que vulgarmente são designados por “picos” e correspondem a radiações difractadas pelas estruturas cristalinas dos vários minerais, em função do ângulo de difracção  $2\theta$ .

Para a obtenção dos difractogramas, utilizou-se o equipamento existente no Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, um difractómetro Philips, constituído por um gerador PW 1050/70, um “diffractometer control” PW 1710 e um registador PM 8203A. A radiação utilizada foi  $K\alpha$  Cu ( $\lambda = 1,5405 \text{ \AA}$ ), filtrada (filtro Ni), com monocromatização não completa. As condições operacionais foram as seguintes: 30 mA, 50 kV, sensibilidade de  $2 \times 10^3$ , velocidade de rotação do goniómetro de  $1^\circ (2\theta)/\text{min}$  e velocidade de deslocamento do papel de registo de  $1 \text{ cm/min}$ .

Aplicou-se o método a 1g de cada amostra tal e qual e após moagem, e também à fracção inferior a  $63 \mu\text{m}$ .

#### **6.2.6 Composição química**

A análise química é fundamental e de grande importância pois fornece informação para uma avaliação completa da composição mineralógica e das propriedades físico-químicas e tecnológicas das matérias-primas.

O método utilizado foi a Espectrometria de Fluorescência de Raios X (FRX), aplicado à fracção inferior a  $63 \mu\text{m}$  e às amostras tal e qual e após moídas, tendo-se determinado a perda ao rubro (L.O.I – Loss on Ignition) e os teores dos elementos maiores, expressos sobre a forma de óxidos:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (total),  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

A técnica de FRX permite analisar todos os elementos químicos com número atómico Z superior a 9, com concentrações que vão desde 100 % até poucos ppm (Gomes, 1988).

No quadro seguinte observam-se as fórmulas químicas ideais e os respectivos pesos moleculares de algumas espécies minerais.



**Quadro IV – Fórmulas químicas ideais e respectivos pesos moleculares de algumas espécies minerais frequentes nas argilas**

<b>Espécie Mineral</b>	<b>Formula Química</b>	<b>Peso Molecular</b>
Caulinite	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	258,17
Mica - Na	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	764,43
Mica - K	$\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	796,65
Quartzo	$\text{SiO}_2$	60,09
Feldspato - K	$\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	556,7
Feldspato - Na	$\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	524,48
Feldspato - Ca	$2\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$	556,28

Fonte: Gomes, 1988

Através da análise de perda ao rubro podem obter-se informações, por exemplo, sobre a água zeolítica, à água dos grupos hidroxilos, aos hidróxidos como  $\text{Al}(\text{OH})_3$  e  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , a voláteis presentes na matéria orgânica, a sulfuretos, sulfatos e carbonatos.

Para a obtenção da percentagem de perda ao rubro (L.O.L. – Loss on Ignition), tomou-se 1 g de amostra ( $< 63 \mu\text{m}$ ) que foi queimada à temperatura de  $1000^\circ\text{C}$  durante 1 h. O peso da amostra foi registado antes e depois de calcinada, obtendo-se a percentagem relativamente à diferença das massas.

Na realização das análises por FRX foi ensaiada 1 g de cada amostra, da fracção inferior a  $63 \mu\text{m}$ , e utilizado um equipamento Philips, constituído por um espectrómetro PW 1410/20, gerador PW 1732/10, “channel control” PW 1390 e registador 8203. A radiação utilizada foi  $\text{K}_\alpha\text{Cr}$  e as condições operacionais foram as seguintes: 25 mA, 45 kV, vácuo, contador de fluxo; colimadores fino e largo; cristais analisadores TIAP e  $\text{LiF220}$  e, tempos de contagens variando entre os 10 e os 100 s.

### 6.3 Ensaios laboratoriais de caracterização tecnológica

Todo o material que restou dos ensaios de caracterização física, química e mineralógica, foi moído e sofreu um corte granulométrico a 0,125 mm, para aproveitamento da fracção < 0,125 mm.

A moagem teve como objectivo eliminar possíveis defeitos, tais como incrustações calcárias, micáceas e fissuras, que poderiam surgir nos provetes dos ensaios tecnológicos, bem como nas peças cerâmicas a manufacturar na olaria.

A moagem realizou-se nas instalações do CENCAL, com o auxílio de um moinho de martelos de marca Retsch, com abertura de 4,0 mm, como mostra a figura 24. Posteriormente, no Laboratório de Geociências da Universidade de Évora, procedeu-se a idêntica preparação de tomas com cerca de 250 g e que foram submetidas aos mesmos ensaios já então realizados às amostras tal e qual como chegaram do campo, à excepção do ensaio de matéria orgânica.

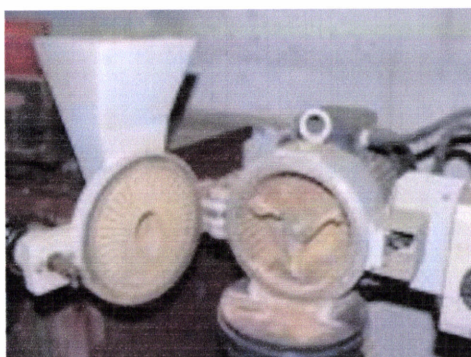


Fig. 26 – Moinho de martelos Retsch, com abertura 4,0 mm

Tal como foi antes referido, no início deste capítulo, foram realizados alguns ensaios de caracterização físico-química nas amostras moídas.

Após a moagem, crivou-se a seco o material no peneiro 0,125 mm, até perfazer aproximadamente 6 Kg da fracção inferior a 0,125 mm. O objectivo do corte a 120mesh (0,125 mm) é conferir às peças superfícies mais lisas, sendo este procedimento também utilizado em pastas para o fabrico de louça utilitária fina.

Através do quarteamento da fracção inferior a 0,125 mm, esta foi dividida em duas tomas, com aproximadamente com 2 Kg a 3 Kg cada (excepto a amostra do Azinhalinho), com o objectivo de ser utilizada uma toma nos ensaios a realizar no CENCAL e outra para os testes a realizar em olaria.

Dois dias antes da deslocação ao CENCAL foi acrescentada água às amostras e amassadas posteriormente, com vista à obtenção de uma melhor homogeneização, tendo sido feita a mesma operação e, com o mesmo objectivo, nas tomas das amostras que foram ao oleiro para a conformação de peças.

Todos os ensaios realizados nas matérias-primas e nas pastas tiveram como base os procedimentos de controlo do processo adoptados no CENCAL.

#### **6.3.1 Trabalhabilidade, extrudibilidade e conformação**

A extrusão foi o processo utilizado para a execução de provetes, é um processo que garante rentabilidade e é um método bastante utilizado na indústria. A plasticidade da matéria-prima ou pasta é muito importante, pois esta influencia a trabalhabilidade e conformação dos provetes. Para se obter bons provetes há que ter em conta as características do material a extrudir, características essas relacionadas com a dimensão dos grãos, plasticidade, a sua preparação (moagem e homogeneização) e o conteúdo em teor de humidade. Há matérias-primas ou pastas que possuem melhores condições de extrusão relativamente a outras, pois matérias-primas demasiado gordas têm maior dificuldade de extrusão por oposição a matérias-primas ou pastas menos gordas.

O objectivo da extrusão é a execução de provetes para a determinação de características tecnológicas de pastas e matérias-primas cerâmicas argilosas. Os provetes foram executados, com base no procedimento de controlo do processo nº C – 00 – 98 do CENCAL, numa extrusora da marca Macocer. De forma a saírem perfeitamente lineares e sem deformações, com cerca de 100 mm de comprimento e 10 mm de diâmetro, controlou-se a pressão variando esta entre os valores 1,5, 2 e 5 Bars para evitar torções ou quebras que mais tarde se iriam reflectir nos provetes secos e cozidos.

Foram executados 80 provetes para cada amostra, distribuídos em lotes de 20 provetes, para serem utilizados, na determinação da resistência mecânica à flexão e da % de contracção, a cru, cozidos a 870 °C e cozidos a 970 °C.

Nos 80 provetes foi ainda realizada dois sulcos com um parquímetro, que distavam entre si 50 mm, para após secagem e cozedura ser determinado a percentagem de contracção.

Foi ainda pesada uma amostra das matérias-primas e pastas par avaliar a sua humidade de extrusão, pesando a amostra húmida e após secagem.

### **6.3.2 Secagem e cozedura**

Às matérias-primas e pastas utilizadas para a conformação de peças cerâmicas é adicionada água, àquela que elas já contêm. Após a conformação das peças cerâmicas estas foram secas à temperatura ambiente durante umas 6 h e colocadas na estufa a temperaturas não superiores a 110 °C, durante 24 h.

Como foi dito no capítulo 5 “Processos técnicos de tratamento e produção de barro”, a secagem e a cozedura são fases do processo de conformação de peças cerâmicas durante as quais ocorrem respectivamente contracções ou retracções e dilatações.

A secagem dos corpos cerâmicos dá-se em duas fases distintas: numa primeira fase a água existente à superfície dos corpos evapora, pelo que as moléculas de água livre, existentes nos poros vão evoluindo por capilaridade e ocupando o espaço deixado por aquela, dando-se uma redução de volume considerável, pelo que a secagem deve ser lenta de forma a evitar distorção e fendilhamento dos corpos; numa segunda fase, a secagem pode ser realizada de forma mais célere, pois a evaporação da água mais superficial está terminada, iniciando-se a evolução da água zeolítica e da água estrutural. Após a secagem, os corpos cerâmicos adquirem resistência mecânica que permite o seu manuseamento entre este a secagem e a cozedura.

A cozedura dos corpos cerâmicos é outra fase do processo cerâmico, durante a qual os corpos cerâmicos adquirem resistência mecânica à flexão, resistência ao choque, capacidade

de absorção de água e cor característica. Nesta fase ocorrem variações de volume (retrações e expansões) que são provocadas por tensões devidas às transformações estruturais que após cozedura permanecem no corpo cerâmico, o qual acaba por adquirir estabilidade relativamente às variações de humidade, temperatura e produtos químicos.

O comportamento durante e após a cozedura das matérias-primas ou das pastas está directamente relacionado com a proporção relativa de minerais argilosos e não argilosos.

Minerais, tais como dolomite e calcite, que são carbonatos de cálcio e magnésio e de cálcio, respectivamente, decompõem-se por evolução de  $\text{CO}_2$ , criando porosidade e contribuindo para a diminuição da retração entre as temperaturas 700 °C até 950 °C.

Os feldspatos funcionam como fundentes numa pasta cerâmica, uma vez que contribuem para a formação de uma fase vítrea e por conseguinte para a aglutinação dos componentes existentes na mesma. Os feldspatos, particularmente da série alcalina, fundem num intervalo de temperaturas entre 1100 a 1200 °C, sendo os mais utilizados na indústria cerâmica. Os feldspatos cálcicos fundem a uma temperatura mais elevada, rondando os 1400 a 1500 °C e, por esta razão, não são utilizados na indústria da cerâmica. Relativamente aos feldspatos potássicos apresentam uma fusão gradual num leque de temperaturas característico dos feldspatos alcalinos, contribuindo para uma eficaz libertação dos gases, um aumento da resistência mecânica e consequentemente uma diminuição da probabilidade de aparecimento de defeitos estruturais nos corpos cerâmicos.

O quartzo é um mineral muito utilizado como desengordurante em pastas demasiado gordas, diminui a retração linear, mas aumenta a absorção de água. Assim, pastas que possuem maior percentagem de quartzo, podem possuir menores contributos dos minerais argilosos, originando materiais com estruturas mais abertas que facilitam a absorção de água.

### **6.3.3 Percentagem de retração ou contracção linear**

A retração ou contracção linear dos corpos cerâmicos é devido ao rearranjo das partículas que os constituem proporcionando variações de volume que podem ser maiores ou menores dependendo das velocidades de secagem e cozedura, da humidade atmosférica, da



composição química e mineralógica, do tamanho e forma dos grãos, da plasticidade e da compactação utilizada na extrusão.

No estado seco a máxima compactação e a mínima porosidade acontece em matérias-primas ou pastas que são granulometricamente bem classificadas. Os grãos mais finos ocupam os espaços vazios existentes entre os grãos maiores. Também quanto menor é o tamanho das partículas e maior é a concentração de minerais argilosos maior é a retracção após secagem, o inverso por vezes leva à ocorrência de dilatações.

Os minerais argilosos não se comportam todos de maneira igual relativamente à retracção. As argilas cauliníticas e ilíticas apresentam retracções inferiores às argilas esmectíticas. Também a estrutura dos minerais argilosos influencia esta característica, sendo que quanto maior for a ordem estrutural das mesmas menor será a retracção após secagem.

Durante a cozedura ocorre a libertação de gases provenientes da combustão da matéria orgânica, da decomposição de carbonatos, da oxidação de cálcio, magnésio e ferro, dando-se a redução da porosidade e o aumento da retracção.

O ensaio para a obtenção da retracção linear foi realizado com base nos procedimentos de controlo do processo nº C – 07 - 98 do CENCAL e tem como objectivo determinar a contracção que uma dada matéria-prima argilosa sofre, durante a respectiva secagem ou cozedura.

O conhecimento da percentagem de contracção de uma matéria-prima permite adequar a formulação de uma pasta onde a mesma for inserida.

Os provetes após secagem em estufa a 110 °C foram submetidos a nova medição da distância entre duas referências (sulcos), colocando novamente o paquímetro nos sulcos feitos anteriormente.

$$\% \text{ Ret. V/S} = \frac{Ch - Cs}{Cs} \times 100$$

$$\% \text{ Ret. S/C} = \frac{Cs - Cc}{Cc} \times 100$$

$$\% \text{ Ret. total} = \frac{Ch - Cc}{Ch} \times 100$$

Onde:

Cs - distância entre os dois pontos após secagem na estufa

Ch - distância inicial dos sulcos

Cc - distância entre os dois sulcos após cozedura

V/S – verde/seco

S/C – seco/cozido

#### **6.3.4 Resistência mecânica à flexão**

A resistência mecânica de um corpo é uma característica bastante importante que os corpos adquirem após secagem ou cozedura. Um corpo cerâmico após a secagem e a cozedura adquire determinada resistência mecânica, que será tanto maior quanto maior for a participação da componente argilosa na matéria-prima ou pasta cerâmica e quanto menor for a dimensão do grão. No entanto, a participação da componente argilosa deve ser controlada, pois se esta for em excesso pode originar defeitos nos corpos cerâmicos. Por outro lado, a água é um componente de crucial importância na resistência mecânica, visto estar intimamente ligada com a composição argilosa. Quer a humidade de extrusão e a correcta homogeneização da matéria-prima aquando da conformação, quer a absorção de humidade atmosférica durante a secagem implicam variações de volume nos corpos cerâmicos que influenciam, indirectamente, a resistência mecânica dos mesmos.

Com a cozedura das peças os corpos cerâmicos elevam bastante a sua resistência mecânica, devido ao desenvolvimento de forças de coesão, de fases vítreas e da formação de fases de alta temperatura. Mas também pode ocorrer a diminuição da resistência mecânica se ultrapassar a temperatura de formação das fases anteriormente referidas.

Existem alguns valores de resistência mecânica à flexão em cru que podem dar ideia sobre o tipo de matéria-prima ou pasta: valores inferiores a 30 kgf/cm<sup>2</sup> indicam a presença de argilas magras, de baixa plasticidade, elevada dimensão do grão e porosidade; valores entre 30 a 70 kgf/cm<sup>2</sup> indicam plasticidade e porosidade normais; e valores superiores a 70 kgf/cm<sup>2</sup> são típicos de argilas com elevada plasticidade, gordas e apresentam baixas porosidades.

O ensaio para a obtenção da resistência mecânica à flexão foi realizado com base nos procedimentos de controlo do processo nº C – 04 - 98 do CENCAL e o seu objectivo é determinar o valor da resistência mecânica à flexão de uma determinada matéria-prima argilosa, mas também foi utilizado em pastas. Este método permite obter informações quantitativas sobre o comportamento das matérias-primas argilosas quando sujeitas a esforços de flexão, com o fim de averiguar o respectivo contributo para a resistência mecânica das pastas onde forem incluídas. Este método permite igualmente inferir a plasticidade das matérias-primas.

O módulo de rotura em cru (resistência mecânica em cru) de uma matéria-prima argilosa está directamente relacionado com a plasticidade dessa matéria-prima.

O módulo de rotura em cru em seco e em cozido (resistência mecânica em cozido) de uma matéria-prima argilosa dá-nos ideia da adequabilidade de aplicação dessa matéria-prima para a produção de vários tipos de produtos cerâmicos no que diz respeito, essencialmente, às suas resistências mecânicas.

Dos 20 provetes preparados foram escolhidos apenas os 15 provetes que se encontravam perfeitamente direitos e sem poros. Após o ensaio em cada provete foi medido o diâmetro no local da quebra.

O módulo à rotura foi determinado através da seguinte expressão matemática:

$$\text{Módulo de rotura} = \frac{8 \times F \times L}{\pi \times D^3} \times 100$$

Onde:

F – força indicada no mostrador (kgf)

L – distância entre dois pontos fixos de apoio do provete (7 cm).

D – diâmetro do provete (cm)

### **6.3.5 Percentagem de absorção de água**

A absorção de água é influenciada pela granularidade da matéria-prima ou pasta, pela composição química e mineralógica dos minerais argilosos bem como pela sua própria estrutura e pela porosidade existente na peça ou corpo cerâmico.

Este ensaio foi realizado nos provetes conformados de cada amostra de matéria-prima e pasta, segundo o procedimento de controlo de processo nº C – 03 – 98 do CENCAL. O ensaio de determinação de absorção de água permite determinar o grau de sinterização de uma determinada pasta ou duma matéria-prima argilosa cozida, quando mergulhada em água. Após os provetes terem sido cozidos a 870 °C e 970°C e depois de terem sido sujeitos ao ensaio de determinação do módulo de rotura à flexão, recolheram-se 4 a 6 fragmentos de provetes de cada amostra cozida às duas temperaturas referidas e registou-se o peso seco. Seguidamente, foram mergulhados em água à temperatura ambiente durante 24 h. Após este período de tempo foi removida a água superficial com auxílio de um pano húmido, tendo sido pesado de novo.

A determinação da percentagem de absorção foi calculada pela fórmula seguinte:

$$\% \text{ Absorção} = \frac{ph - ps}{ps} \times 100$$

Onde:

ph - peso dos pedaços dos provetes húmidos

ps – peso dos pedaços secos

Através da determinação da percentagem de humidade de extrusão, determina-se o grau de humidade de uma matéria-prima, na altura da sua conformação. Assim, durante a fase de

extrusão foi recolhido um pedaço de amostra do qual foi obtida a sua massa inicial. Após secagem a 110 °C, registou-se novamente a sua massa.

#### **6.3.6 Análise térmica-dilatométrica**

A análise térmica-dilatométrica permite um registo contínuo das variações de volume que um corpo de prova sofre, quando este é submetido a ciclos de aquecimento e arrefecimento. Com esta análise avalia-se e controla-se as dimensões finais dos produtos, reacções e transformações estruturais, sinterização, formação de fases viscosas ou líquidas, fluência e eliminação de constituintes como por exemplo a água, bem como o aparecimento de possíveis defeitos (Martins, 2007).

Este ensaio pode ser realizado em provetes crus e cozidos, dando indicações sobre a composição mineralógica, variações de volume que os corpos cerâmicos sofrem e no caso particular do ensaio sobre provetes cozidos permite aferir o comportamento que a matéria-prima ou pasta argilosa tem no acordo pasta-vidrado. Geralmente até temperaturas que rondam os 400 °C verifica-se uma dilatação linear que termina após o início da eliminação da água de constituição.

O quartzo quando presente nos corpos cerâmicos é responsável por uma dilatação considerável que ocorre por volta dos 573 °C. Esta dilatação durante o aquecimento é consequência da passagem de quartzo  $\alpha$  para quartzo  $\beta$ , já a variação de volume durante o arrefecimento nesta mesma temperatura é reflexo da passagem do quartzo  $\beta$  para quartzo  $\alpha$ , materializando-se numa retracção.

Relativamente aos minerais argilosos, a presença destes nos provetes é de fácil identificação uma vez que exibem determinadas características típicas.

A montmorilonite, como por exemplo a esmectite, é responsável por contracções significativas a baixas temperaturas, entre 175 a 300 °C, devido à libertação de água estrutural, sendo que a presença desta, numa pasta, aumenta a probabilidade de se encontrar defeitos nos corpos cerâmicos.



Em argilas do grupo da ilite que possuem uma percentagem considerável de quartzo a curva dilatométrica mostra uma estabilização de variação de volume entre os 700 e 800 °C e posteriormente sofre uma rápida contracção, devido à presença de K<sub>2</sub>O abundante nestas argilas, vitrificando o material. Caso esta vitrificação não seja homogénea na peça, dá-se o aparecimento de defeitos como o fendilhamento.

A presença de carbonatos em pastas ou matérias-primas é muito facilmente identificada através da análise térmica-dilatométrica, uma vez que ocorre uma brusca retracção depois dos 800 °C e observa-se uma inversão aos 900 °C, que será tanto maior quanto maior for a concentração em carbonatos (CaCO<sub>3</sub>). O fim da contracção e início da expansão são processos que estão relacionados com a formação de silicatos e aluminosilicados de cálcio, cristalinos que reduzem a concentração da fase vítrea e aumento de CO<sub>2</sub> libertado durante a transformação do CaCO<sub>3</sub>, respectivamente. A transformação do CaCO<sub>3</sub>, e consequente libertação de CO<sub>2</sub>, aumenta a porosidade do material cozido.

Para a realização deste ensaio foram cortados provetes das diferentes amostras com cerca de 2,5 a 3 cm de comprimento e colocados no forno cilindro do dilatómetro. Obtidos os gráficos e a tabela observa-se a percentagem de dilatação aos 573 °C e o coeficiente linear aos 400 °C. A percentagem de dilatação aos 573 °C lê-se directamente na curva aos 573 °C, ponto em que o quartzo  $\alpha$  passa a quartzo  $\beta$ , com uma consequente variação na sua dimensão linear de 2 %. O coeficiente linear aos 400 °C calcula-se através da seguinte fórmula:

$$\text{Coeficiente Dilatação Linear} = \frac{\% \text{ Dilatação } T(t)}{100} \text{ (unidades } ^\circ\text{C}^{-1}\text{)}$$

O dilatómetro utilizado para a realização deste ensaio foi o Bähr DIL801L, sendo utilizado o programa informático WinTA 7.0 para o registo dos dados. A taxa de aquecimento foi de 10 °C/min, à temperatura máxima de 1000 °C.

## **6.4 Ensaios industriais**

Tal como foi referido no subcapítulo 6.3. as amostras de matérias-primas foram, inicialmente moídas num moinho e seguidamente peneiradas no peneiro 120 mesh (0,125 mm). Do produto da peneiração obtiveram-se duas porções, uma para os ensaios tecnológicos no CENCAL e a outra parte para a olaria do Meste Xico Tarefa. A ambas as porções foram-lhes acrescentadas água e homogeneizadas até apresentarem uma boa plasticidade de forma a poderem ser trabalhadas e moldadas na olaria.

### **6.4.1 Conformação das peças na Olaria Mestre Xico Tarefa**

As peças após a sua conformação à roda permaneceram na olaria para secarem e posteriormente sofrerem uma primeira cozedura “chacota” e uma segunda cozedura “cozer o vidrado”.

Conformaram-se peças com diferentes formas, testando-se o comportamento das matérias-primas em peças com características distintas. Assim, foram elaborados pratos e potes proporcionando uma análise à resposta que as superfícies davam à medida que eram sujeitas a variações de temperatura e ambiente.

### **6.4.2 Ensaio de absorção de água de objectos cerâmicos**

Este ensaio tem como objectivo avaliar a absorção das peças cerâmicas após a sua cozedura. Foi realizado com base na norma EN 1217:1997, tendo sido realizado o seguinte procedimento:

Colocou-se uma peça de louça de cada amostra, fabricada com cada uma das matérias-primas e pastas cozidas em olaria, numa estufa durante 24 h a secar até se obter um peso constante. Após secagem colocaram-se as peças de louça num exsiccador para arrefecerem, sem haver adsorção de humidade. Seguidamente pesaram-se as peças de louça, registando-se a sua massa inicial.

Imediatamente após a pesagem imergiram-se as peças em água fervente durante 1 h 30 min.

Deixaram-se as amostras arrefecerem mantendo-as imersas durante 24 h.

Removeu-se a água superficial com um pano húmido e registou-se de novo o peso.

A percentagem de absorção das peças obteve-se do mesmo modo que a percentagem de absorção dos provetes:

$$\% \text{ Absorção} = \frac{ph - ps}{ps} \times 100$$

Onde:

ps – peso da peça cerâmica seca

ph - peso da peça cerâmica húmida

#### **6.4.3 Ensaio de resistência ao choque térmico**

Este ensaio tem como objectivo analisar a resistência de uma peça cerâmica cozida perante um choque térmico.

A avaliação da resistência mecânica ao choque térmico é importante de forma a avaliar a resposta de uma peça cerâmica, após contacto com o fogo.

Para a realização deste ensaio utilizou-se apenas uma peça de louça manufacturada com cada uma das matérias-primas, uma vez que as peças conformadas e cozidas pelos oleiros, a partir das pastas, já são utilizadas como loiça para ir ao fogo.

Colocaram-se as peças numa estufa até atingir 180 °C, tendo permanecido neste patamar durante 1 h. Após esta hora mergulhou-se as peças cerâmicas em água a 16 °C.

Colocaram-se novamente as peças na estufa, até que esta atingisse os 230 °C, aguardando-se, mais uma vez 1 hora. Terminado aquele período de tempo, retiraram-se as amostras da estufa e foram mergulhadas novamente em água a 16 °C.

#### **6.4.4 Ensaio de vidragem**

Tal como já se referiu um lote de peças foi sujeito a vidragem.

Depois de cozidas, as peças foram vidradas com vidrado transparente, referência V202 da marca Vitrifer.

A temperatura de cozedura do vidrado rondou os 940 - 950 °C.

## **7. Caracterização e comportamento cerâmico dos materiais**

Neste capítulo apresentar-se-á os resultados dos ensaios de caracterização físico química realizados às amostras tal e qual, e após moagem e submetidas a corte granulométrico e, também, às pastas preparadas. Também serão apresentados os resultados dos ensaios tecnológicos realizados aos provetes conformados com a fracção inferior a 0,125 mm. Relativamente aos resultados dos ensaios industriais será apresentada a opinião do oleiro Mestre Xico Tarefa sobre o comportamento das amostras de matéria-prima durante a conformação das peças cerâmicas, e ainda o comportamento das mesmas em alguns ensaios realizados no CENCAL.

A realização de ensaios nas pastas preparadas teve como principal objectivo ser um meio de comparação das amostras de matérias-primas estudadas com as que são utilizadas pela maioria dos oleiros das duas vilas São Pedro do Corval e Redondo.

### **7.1 Ensaios laboratoriais de caracterização físico química**

O presente subcapítulo destina-se a apresentar os resultados obtidos nos ensaios de caracterização físico-química realizados às amostras de matérias-primas, no estado tal e qual, e após moagem e corte granulométrico. As amostras de pastas preparadas também foram ensaiadas tal como elas vêm de fábrica, sem sofrerem qualquer corte granulométrico.

#### **7.1.1 Análise granulométrica**

A análise granulométrica foi realizada em duas fases, para a fracção de grão com diâmetro esférico equivalente superior a 0,075 mm optou-se pelo método de peneiração húmida e para a fracção de grão com diâmetro esférico equivalente inferior a 0,075 mm optou-se pela utilização de um granulómetro com fonte de raios X, modelo Sedigraph, da marca Micromeritics.

A análise granulométrica foi avaliada em amostras no estado tal e qual e após moagem.



Dos dois métodos empregados resultaram distribuições dimensionais do grão ou partícula, as quais depois de integradas proporcionaram dois tipos de gráficos, um para as amostras tal e qual, outro para as amostras obtidas após moagem.

Das curvas granulométricas foram avaliadas as quantidades das frações arenosa, siltosa e argilosa de cada amostra de matéria-prima e de pasta cerâmica. Também foi avaliado o parâmetro  $D_{50}$  que é um parâmetro de referência que define a granularidade média do grão, e, no âmbito desta tese, define ainda a avaliação do potencial de utilização cada matéria-prima na olaria. Este parâmetro corresponde à dimensão das partículas quando passadas ou retidas 50 % da amostra.

Na figura seguinte estão representadas as curvas granulométricas das amostras de matéria-prima no estado tal e qual, desde a dimensão 12,7 mm do grão até à dimensão 0,0001 mm do grão. Também se apresenta um quadro resumo com as frações arenosa, siltosa, argilosa e  $D_{50}$  de cada amostra de matéria-prima e pasta cerâmica.

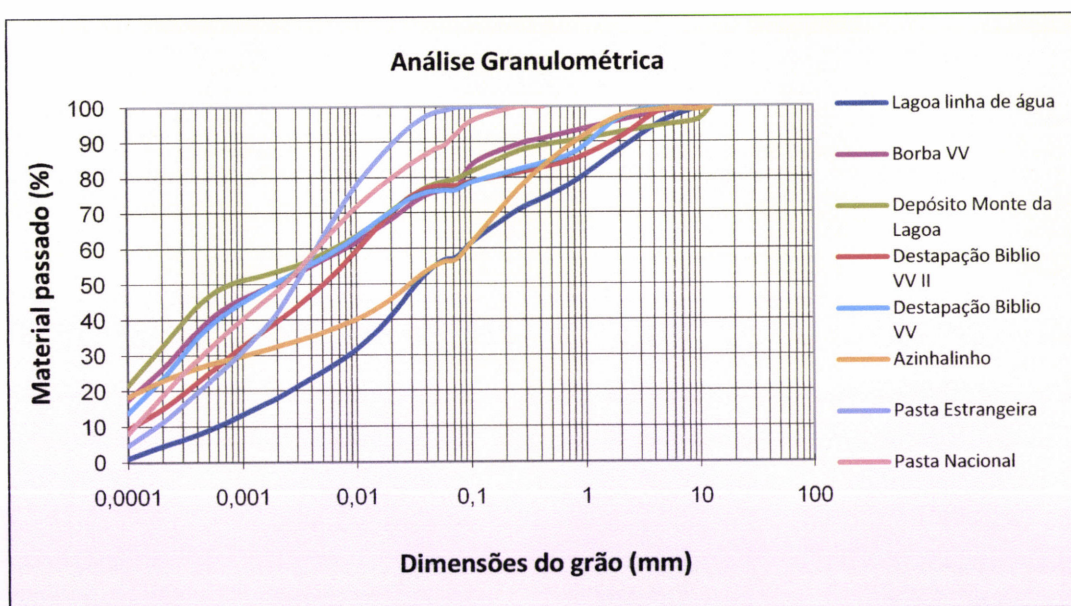


Fig. 27 - Curvas granulométricas das amostras de matéria-prima e de pastas tal e qual

Quadro V – Parâmetros granulométricos das amostras tal e qual

Fracção granulométrica	Lagoa linha de água	Borba VV	Depósito Monte da Lagoa	Destapação Biblio VV II	Destapação Biblio VV I	Azinhalinho	Pasta Estrangeira	Pasta Nacional
Arenosa	47 %	28 %	22 %	21 %	26 %	51 %	11 %	20 %
Siltosa	23 %	18 %	17 %	30 %	20 %	13 %	47 %	32 %
Argilosa	18 %	50 %	54 %	40 %	51 %	33 %	42 %	48 %
D <sub>50</sub> (µm)	38,7	2,0	0,7	5,5	2,0	30,0	3,0	2,9

Da análise da distribuição granulométrica da amostra Lagoa linha de água conclui-se que esta se apresenta bem graduada ou classificada, estando nela representadas todas as fracções granulométricas, inferiores a 9,5 mm, sendo expressa por uma curva extensa. A fracção argilosa correspondente ao diâmetro equivalente (d.e.e.) inferior a 2 µm revela uma participação de 18 %. A fracção siltosa (0,02 mm – 2 µm) compreende 23 % das partículas enquanto a fracção arenosa (2 mm – 0,02 mm) cerca de 47 %, correspondendo à fracção predominante. Por observação do gráfico constata-se que o valor de D<sub>50</sub> revela que a amostra possui 50 % das partículas de diâmetro esférico equivalente (d.e.e.) inferiores a 39 µm. Este facto indica que a amostra possui uma granularidade grosseira comparativamente com outras amostras de matérias-primas e pastas cerâmicas analisadas e com valores de referência de argilas gordas que são constituídas por mais de 50 % das partículas com diâmetro esférico equivalente (d.e.e.) inferior a 2 µm.

A amostra Azinhalinho apresenta uma curva granulométrica semelhante à amostra Lagoa linha de água. Também esta apresenta uma distribuição granulométrica reveladora de um material bem graduado, patente na extensão da curva. Para esta amostra a fracção de argila, inferior a 2 µm, representa cerca de 33 % do total de partículas. O valor de D<sub>50</sub> mostra que cerca de 50 % das partículas são inferiores a 30 µm, revelando igualmente uma granularidade grosseira, apesar de se revelar menos grosseira que a amostra Lagoa linha de água. A fracção arenosa representa cerca de 51 % enquanto a fracção siltosa cerca de 13 %.

As amostras Borba VV e Destapação Biblio VV I apresentam curvas granulométricas semelhantes, tratando-se de matérias bem graduadas e apresentam uma granularidade mais fina que as amostras anteriores. Relativamente às fracções granulométricas as amostras Borba



VV e Destapação Biblio VV I apresentam respectivamente na fracção arenosa 28 % e 26 %, na fracção siltosa 18% e 20 % e na fracção argilosa 50% e 51 %, portanto bastante semelhantes na distribuição do grão pelas classes granulométricas. Em ambas as amostras o  $D_{50}$  mostra que 50 % das partículas são inferiores a 2  $\mu\text{m}$ .

A amostra Depósito Monte da Lagoa apresenta uma distribuição granulométrica idêntica às amostras anteriores, à excepção do parâmetro  $D_{50}$  que revela 50 % das partículas possuem um diâmetro esférico equivalente menor que 0,7  $\mu\text{m}$ .

A curva granulométrica da amostra Destapação Biblio VV II revela ser uma amostra bem graduada, possuindo em relação às anteriores, uma percentagem de fracção arenosa mais baixa (21 %) e uma percentagem de fracção siltosa mais elevada (30 %), sendo a amostra em que estes valores se aproximam da pasta cerâmica nacional. A fracção argilosa é representada por 40 %, aproximando-se do valor obtido na pasta estrangeira (42 %). O  $D_{50}$  mostra que cerca de 50 % das partículas são inferiores a 5,5  $\mu\text{m}$ .

Na figura seguinte estão representadas as curvas granulométricas das amostras de matéria-prima após moagem desde a dimensão 2,0 mm a 0,0001 mm. Também se apresenta um quadro resumo com as fracções arenosas, siltosas, argilosas e  $D_{50}$  de cada uma delas.

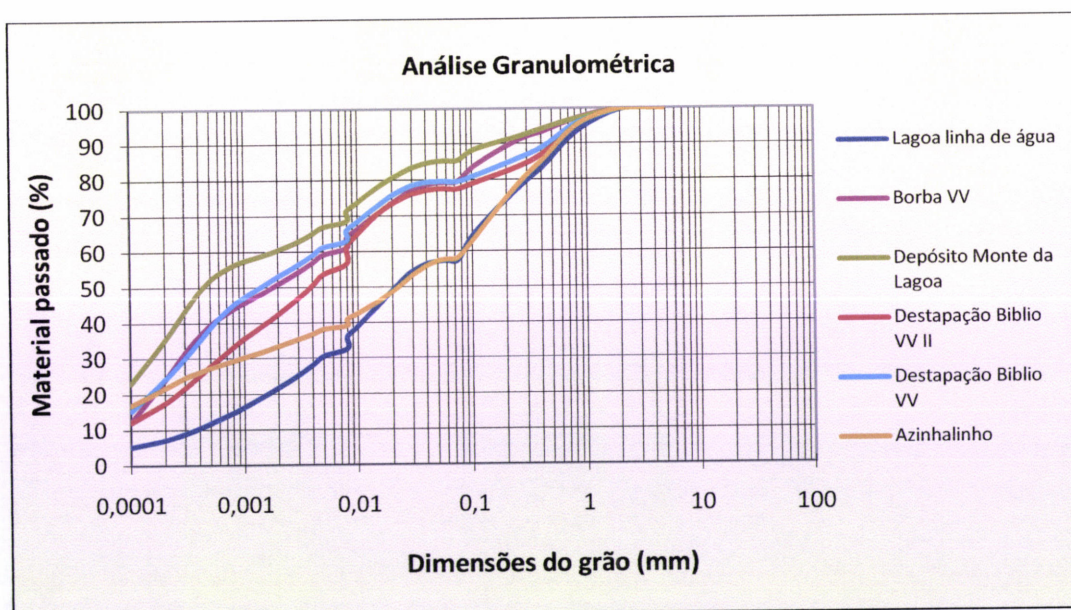


Fig. 28 – Curvas granulométricas das amostras de matéria-prima após moagem

Quadro VI - Parâmetros granulométricos das amostras após moagem

Fracção	Lagoa linha de água	Borba VV	Depósito Monte da Lagoa	Destapação Biblio VV II	Destapação Biblio VV I	Azinhalinho
Arenosa	51 %	26 %	19 %	27 %	24 %	51 %
Siltosa	27 %	23 %	20 %	31 %	23 %	15 %
Argilosa	22 %	51 %	61 %	42 %	53 %	33 %
D <sub>50</sub> (µm)	19,1	1,9	0,9	4,0	1,5	21,6

Relativamente à interpretação dos dados granulométricos das amostras após moagem não se fará uma análise tão pormenorizada e extensa como para as amostras tal e qual uma vez que a maioria das mudanças registadas não foram significativas. No entanto, importa referir que:

- todas as amostras revelam um perfil da curva granulométrica semelhante à curva granulométrica correspondente da amostra tal e qual;
- as amostras tal e qual que se apresentam com maiores percentagens nas fracções arenosas, siltosas e argilosas, também revelam a mesma tendência após moagem;
- apenas as amostras Lagoa linha de água e Azinhalinho apresentaram uma redução considerável do diâmetro esférico equivalente (d.e.e.) das partículas para D<sub>50</sub>, tendo-se registado para este parâmetro uma redução de 50 % e 30 % respectivamente.

### 7.1.2 Limites de consistência

Este ensaio de caracterização permite avaliar a plasticidade e trabalhabilidade do material ensaiado. Sendo o objectivo desta tese a aplicação de “terra rossa” na olaria, este ensaio torna-se ainda mais importante uma vez que nos permite avaliar a plasticidade das matérias-primas e prever determinados comportamentos e resultados nos ensaios tecnológicos.

O limite de liquidez (LL) foi determinado através da concha de Casagrande, o limite de plasticidade (LP) por rolagem de um cilindro entre a palma da mão e um vidro, e o índice de plasticidade (IP) pela diferença entre o limite de liquidez e plasticidade.

Os limites de consistência e índice de plasticidade foram analisados nas amostras de matérias-primas tal e qual e após a passagem no moinho e nas pastas já preparadas.

Quadro VII - Quadro síntese dos limites de consistência e índice de plasticidade nas amostras tal e qual

Amostras	Limites de Consistência - T&Q		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
<b>Azinhalinho</b>	38	26	13
<b>Borba VV</b>	43	25	18
<b>Depósito Monte da Lagoa</b>	44	29	15
<b>Destapação Biblio VV I</b>	46	24	22
<b>Destapação Biblio VV II</b>	43	30	13
<b>Lagoa linha de água</b>	27	23	4
<b>Pasta Estrangeira</b>	38	22	16
<b>Pasta Nacional</b>	35	23	13

O quadro VII mostra que a amostra de matéria-prima com maior valor de índice de plasticidade é a Destapação Biblio VV I (22 %) e a amostra que apresenta menor valor de índice de plasticidade é a Lagoa linha de água (4 %). Relativamente às pastas preparadas a pasta de origem estrangeira (Estrangeira) apresenta maior valor de índice de plasticidade (16 %) que a pasta de origem nacional (Leiria) (13 %).

Tendo em conta o quadro III do capítulo “Metodologias de Trabalho” as amostras Destapação Biblio VV I e Borba VV são classificadas como materiais geológicos de alta plasticidade (20 % - 35 %) e constituídas por argilas siltosas. Todas as restantes amostras de matérias-primas à excepção da amostra Lagoa linha de água e das pastas preparadas apresentam plasticidade média (10 % - 20 %) sendo caracterizadas como argilas e silte. A amostra Lagoa linha de água é classificada como ligeiramente plástica sendo um silte com traços de argila.



Quadro VIII - Quadro síntese dos limites de consistência e índice de plasticidade nas matérias-primas após moagem

Amostras	Limites de Consistência - após moinho		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
<b>Azinhalinho</b>	39	25	14
<b>Borba VV</b>	41	21	20
<b>Depósito Monte da Lagoa</b>	49	30	19
<b>Destapação Biblio VV I</b>	44	30	14
<b>Destapação Biblio VV II</b>	48	27	20
<b>Lagoa linha de água</b>	28	22	6

As amostras de matérias-primas sujeitas à passagem pelo moinho apresentam resultados de índice de plasticidade ligeiramente diferentes às amostras tal e qual chegadas ao laboratório e apenas desagregadas com auxílio de um maço. Este facto deverá estar relacionado com a diminuição do tamanho do grão, corroborado pela análise granulométrica em que se verifica um aumento da percentagem do material passado fracções mais finas.

Também as amostras de matérias-primas após moagem foram classificadas segundo o quadro I do capítulo das metodologias de trabalho. Assim as amostras de Borba VV e Destapação Biblio VV II são as que apresentam maior valor de índice de plasticidade (20 %). Todas as outras matérias-primas, à excepção da amostra Lagoa linha de água classifica-se como um material geológico de plasticidade média (10 % - 20 %) e descreve-se como tendo argila e silte. Tal como o resultado nas amostras tal e qual, também após moagem, a amostra Lagoa linha de água apresenta o valor mais baixo (6 %) que se classifica como um silte com traços de argila ligeiramente plástico (1 % - 5 %).

De realçar as diferenças de plasticidade observáveis nas duas amostras, Destapação Biblio VV I e Biblio VV II, apesar de terem sido colhidas no mesmo local, mas representando horizontes diferentes. Na amostra tal e qual a Destapação Biblio VV I revela um índice de plasticidade bastante maior que a Destapação Biblio VV II, verificando-se uma inversão após moagem. De notar ainda que, para uma possível aplicação industrial estas duas matérias-primas seriam misturadas, obtendo-se assim um índice de plasticidade intermédio na ordem de 17 %.

### 7.1.3 Expansibilidade e teor de humidade

Tal como se referiu no capítulo das metodologias, a expansibilidade está relacionada com processos físico-químicos, pois ela é resultado da reacção de minerais preexistentes, com água de processos de hidratação e de oxidação.

No quadro IX estão representadas a expansibilidade (em %) das amostras tal e qual e o respectivo teor de humidade (em %).

Quadro IX - Expansibilidade e teor de humidade das matérias-primas tal e qual e das pastas preparadas e utilizadas nos ensaios tecnológicos

<b>Amostras</b>	<b>Expansibilidade (%)</b>	<b>Teor de humidade (%)</b>
<b>Azinhalinho</b>	18	46
<b>Borba VV</b>	7	43
<b>Depósito Monte da Lagoa</b>	8	50
<b>Destapação Biblio VV I</b>	10	48
<b>Destapação Biblio VV II</b>	10	53
<b>Lagoa linha de água</b>	8	40
<b>Pasta Estrangeira</b>	7	45
<b>Pasta Nacional</b>	11	46

Como se pode verificar através da análise dos resultados constantes no quadro IX, a amostra de matéria-prima mais expansível é a Azinhalinho, seguindo-se as matérias-primas Destapação Biblio VV I e VV II com expansibilidade média e as matérias-primas Lagoa linha de água, Depósito Monte da Lagoa e Borba VV com expansibilidades mais baixas. Relacionando a expansibilidade das matérias-primas com as das pastas preparadas pode observar-se que a pasta nacional apresenta valor de expansibilidade semelhante aos valores das matérias-primas de expansibilidade média e, a pasta estrangeira apresenta expansibilidade baixa tal como as matérias-primas Lagoa linha de água, Depósito Monte da Lagoa e Borba VV.

As matérias-primas revelaram teores de humidade bastante altos, atendendo às expansibilidades que se mostraram relativamente baixas. De facto, não foi possível encontrar-se uma relação entre estes dois parâmetros, visto matérias-primas com expansibilidades

menores revelaram teores de humidade da mesma ordem de grandeza que matérias-primas com maiores expansibilidades.

As baixas expansibilidades são um bom indicador da apetência dos materiais estudados como matérias-primas cerâmicas.

A maior expansibilidade da amostra do Azinhalinho (18 %) terá a ver com a elevada granularidade, concorrendo para o efeito fenómenos puramente físicos e também com a sua composição mineralógica que mostrou uma grande participação relativa de esmectite.

#### **7.1.4 Matéria orgânica**

O ensaio de matéria orgânica foi realizado apenas nas amostras depois de moídas e nas pastas cerâmicas.

O método utilizado para a avaliação da quantidade de matéria orgânica total foi o do ataque com peróxido de hidrogénio, que proporciona a destruição da matéria orgânica por oxidação. No entanto, este método veio a revelar-se pouco fiável, na medida em que, em grande parte das amostras, os pesos no final do ensaio, revelaram ser superiores aos iniciais. Este aumento de peso pode estar relacionado com a oxidação do ferro existente nos minerais, passando de  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$ , recombina-se com outros elementos disponíveis e precipitar. Também a existência de cálcio nas amostras, que em contacto com o peróxido de hidrogénio pode potenciar a formação de oxalato de cálcio como subproduto da reacção e, assim, contribuir para o aumento de peso verificado após o ensaio.

Durante o ensaio observou-se alguma efervescência que, por ordem decrescente, vai da amostra Destapação Biblio VV II, Destapação Biblio VV, Depósito Monte da lagoa, Azinhalinho, Lagoa linha de água, Borba VV, até às amostras de pasta nacional e estrangeira.

Pela observação da efervescência durante o ensaio e os resultados obtidos e representados no quadro X, pode-se afirmar que as pastas estudadas possuem pouca matéria orgânica, o que já seria de esperar uma vez que são preparadas industrialmente.

As amostras de matéria-prima que revelaram um maior aumento de peso foram as das Destapações, sendo aquelas que possuem maiores percentagens de óxidos/hidróxidos de ferro. As que registaram menor aumento de peso foram as amostras Depósito Monte da Lagoa, Lagoa linha de água, Azinhalinho e Borba VV. As suas análises químicas revelam percentagens de óxido de cálcio que as anteriores, ainda que as percentagens sejam muito menores relativamente à percentagem de óxido de ferro nas anteriores, daí também revelarem um aumento de peso relativamente menor.

No quadro X apresenta-se as percentagens de matéria orgânica apresentadas pelas matérias-primas e pastas.

Quadro X – Quantidade de matérias orgânica nas amostras de matéria-prima e de pastas

<b>Amostras</b>	<b>% Matéria orgânica</b>
<b>Azinhalinho</b>	1,9
<b>Borba VV</b>	0,9
<b>Depósito Monte da Lagoa</b>	2,0
<b>Destapação Biblio VV I</b>	3,4
<b>Destapação Biblio VV II</b>	2,8
<b>Lagoa linha de água</b>	1,9
<b>Pasta Estrangeira</b>	0,0
<b>Pasta Nacional</b>	0,0

#### **7.1.5 Composição mineralógica**

A determinação da composição mineral das amostras estudadas foi efectuada através da difracção de raios-X.

No quadro XI apresenta-se as percentagens dos minerais não argilosos (quartzo, feldspatos alcalinos e sódicos e calcite), dos minerais argilosos (clorite, caulinite, illite e esmectite), de um hidróxido de ferro (goethite) e de um óxido de ferro (hematite).

Quadro XI – Espectrometria por difracção de raios-X (DRX)

<b>Amostras</b>	<b>Qtzo (%)</b>	<b>Feldsp K (%)</b>	<b>Feldsp NaCa (%)</b>	<b>Calcite (%)</b>	<b>Clorite (%)</b>	<b>Caulinite (%)</b>	<b>Ilite (%)</b>	<b>Esmectite (%)</b>	<b>Hematite (%)</b>	<b>Goethite (%)</b>
<b>Azinhalinho</b>	40	-	10	-	-	10	15	10	5	10
<b>Borba VV</b>	55	-	-	-	-	15	10	5	10	5
<b>Depósito Monte da Lagoa</b>	40	-	10	-	25	-	10	-	-	15
<b>Destapação Bilblio VV I</b>	45	-	-	-	-	15	-	-	20	10
<b>Destapação Bilblio VV II</b>	35	-	-	-	-	10	15		20	15
<b>Lagoa linha de água</b>	70	10	5	-	-	-	-	-	5	10
<b>Pasta Estrangeira</b>	40	10	10	15	5	-	15	-	5	-
<b>Pasta Nacional</b>	45	5	5	10	-	15	10	-	5	5

Como se pode verificar através da análise mineralógica todas as amostras possuem muita sílica livre sob a forma de quartzo na sua constituição, sendo a amostra Lagoa linha de água a que possui maior percentagem deste mineral não argiloso e a amostra Destapação Bilblio VV II a que possui menor percentagem.

Apenas as amostras da matéria-prima Lagoa linha de água e das pastas preparadas apresentam feldspatos alcalinos, já os feldspatos sódicos-cálcicos podem também ser encontrados nas amostras do Azinhalinho e Depósito Monte da Lagoa.

Relativamente à participação de filossilicatos a amostra Lagoa linha de água não evidenciou presença de minerais argilosos, sendo as amostras Depósito Monte da Lagoa, Azinhalinho e as pastas aquelas que mais filossilicatos apresentam nas suas constituições. A caulinite e a ilite são os filossilicatos que possuem maior presença na maioria das amostras. A



esmectite apenas marcou a sua presença nas amostras de matéria-prima Azinhalinho e Borba VV.

Em termos de óxidos e hidróxidos, representados pela hematite e a goethite respectivamente, praticamente todas as amostras contêm estes minerais não argilosos, sendo que a amostra Depósito Monte da Lagoa não possui hematite e a pasta estrangeira goethite.

#### 7.1.6 Composição química

Com o auxílio da fluorescência de raios-X, foi possível determinar a composição química de cada amostra.

Os resultados das análises químicas realizadas por espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX) encontram-se expressos no quadro XII.

Quadro XII - Espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX)

Amostras	Porcentagem										
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I.
<b>Azinhalinho</b>	54,19	21,63	8,58	0,11	1,91	1,81	0,75	1,80	0,99	0,08	8,16
<b>Borba VV</b>	51,24	22,51	10,92	0,11	1,02	0,36	0,27	4,10	1,61	0,15	7,70
<b>Depósito Monte da Lagoa</b>	67,12	13,02	7,89	0,22	0,73	0,24	0,37	2,30	2,39	0,12	5,60
<b>Destapação Biblio VV I</b>	44,11	23,41	18,10	0,72	0,61	0,47	Nd	2,34	0,73	0,10	9,72
<b>Destapação Biblio VV II</b>	34,78	20,04	29,11	2,61	0,61	0,26	Nd	2,09	0,57	0,08	10,17
<b>Lagoa Linha de água</b>	46,11	26,19	12,13	0,09	0,78	0,38	0,17	2,62	0,79	0,14	10,60
<b>Pasta Estrangeira</b>	53,02	18,04	6,47	0,10	2,50	5,74	Nd	3,61	0,83	0,15	9,58
<b>Pasta Nacional</b>	58,69	19,97	6,69	0,04	0,68	2,38	Nd	2,84	1,08	0,06	7,81

Da análise do quadro anterior pode-se tirar os seguintes considerações:

- Não se notaram na maioria das amostras grandes discrepâncias em termos de presença de  $\text{SiO}_2$ , realçando, no entanto o valor mais elevado na amostra de Depósito Monte da Lagoa (67,12 %) e o valor mais baixo correspondendo à amostra da Destapação Biblio VV II (34,78 %);

- Também no que diz respeito à presença de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  não se notaram grandes variações entre as amostras das matérias-primas e das pastas, destacando-se mais uma vez o Depósito Monte da Lagoa como a menos aluminosa (13,02 %);

- A amostra Destapação Biblio VV II possui o valor mais alto de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  T, isto é, de ferro total, (29,11 %), mostrando-se completamente distinta da outra amostra colhida no mesmo local, a Destapação Biblio VV I. A amostra da pasta estrangeira possui o valor mais baixo de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  T, do conjunto de todas as amostras analisadas (6,69 %);

- Mais uma vez a amostra Destapação Biblio VV II apresenta uma composição diferente da Destapação Biblio VV I, possuindo o valor mais alto de MnO. Todas as restantes matérias-primas apresentam baixos contributos percentuais em MnO, com particular destaque para a amostra Lagoa linha de água;

- A amostra da pasta estrangeira possui o valor mais alto de MgO (2,50 %) levando a admitir que, provavelmente, poderá ter um forte contributo de dolomite, facto numa matéria-prima corroborado pela percentagem de CaO que também é a mais nos materiais estudados (5,74%);

- Relativamente à percentagem de  $\text{Na}_2\text{O}$  apenas as amostras Lagoa linha de água, Borba VV, Depósito Monte da lagoa e Azinhalinho possuem este óxido na sua composição química;

- A amostra Borba VV possui o valor mais alto de  $\text{K}_2\text{O}$  (4,10 %), sendo a amostra do Azinhalinho aquela que apresenta o valor mais baixo;

- Os valores em  $\text{TiO}_2$  nas amostras são semelhantes, excepto nas amostras Depósito Monte da lagoa e Borba VV;

- Os valores de  $\text{P}_2\text{O}_5$  apresentados nas amostras são relativamente baixos face aos outros elementos químicos.

No que diz respeito à perda ao rubro (L.O.I. – Loss on Ignition), apenas o valor da amostra da pasta estrangeira parece estar ligado à componente carbonatada. Curiosamente, apesar das amostras colhidas na zona das pedreiras de mármore corresponderem a “terra rossa” proveniente da dissolução de rochas carbonatadas, estas não apresentaram valores elevados de CaO e MgO, pelo que as percentagens de perda ao rubro poderão estar ligadas com a perda de água dos grupos hidroxilos, pertencentes à estrutura da Ilite e à perda de água dos hidróxidos de ferro.

Quadro XIII – Espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX), após moagem

Amostras	Percentagem										
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> T	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I.
Azinhalinho	53,54	22,03	8,92	0,11	1,96	1,75	0,70	1,89	1,00	0,07	8,03
Borba VV	46,13	26,50	11,78	0,16	0,81	0,47	nd	3,56	1,15	0,20	9,55
Depósito Monte da lagoa	46,25	27,83	10,10	0,13	0,81	0,63	nd	3,00	0,75	0,14	10,64
Destapação Biblio VV I	43,03	23,62	18,76	0,86	0,62	0,44	nd	2,36	0,73	0,10	9,80
Destapação Biblio VV II	34,15	20,52	29,05	2,50	0,62	0,24	nd	2,05	0,58	0,08	10,56
Lagoa linha de água	64,74	13,04	9,65	0,30	0,68	0,36	nd	2,69	2,36	0,17	6,13

Da análise do quadro anterior podem-se tirar as seguintes considerações:

- Como nas amostras tal e qual, também após moagem a concentração do teor em SiO<sub>2</sub> nas amostras é aproximada na maioria das amostras, no entanto, agora o valor mais elevado encontra-se na amostra de Lagoa Linha de água (64,74 %) e o valor mais baixo continua a corresponder à amostra da Destapação Biblio VV II (34,15 %);

- No que diz respeito à presença de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as amostras possuem valores muito próximos, mas a amostra Depósito Monte da Lagoa que anteriormente era a amostra menos aluminosa, nas condições após moagem é a que apresenta maior concentração de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (27,83 %);

- Relativamente ao teor Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> T as amostras Destapação permanecem com o mesmo comportamento após passadas no moinho, apresentando valores de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> T bastante distintos, sendo a Destapação Biblio VV II (29,05 %) a amostra que apresenta o maior valor.

Fazendo a comparação com as pastas, que, por serem matérias-primas já preparadas não passaram no moinho, estas continuam a ser aquelas que apresentam os valores mais baixos;

- Também no teor em MnO a amostra Destapação Biblio VV II apresenta um valor muito superior à amostra Destapação Biblio VV I (2,50 %), sendo o mais elevado de todos e mantendo as características da sua forma tal e qual. As restantes matérias-primas apresentam baixos valores de MnO, sendo eles muito próximos do valor da pasta estrangeira;

- Relativamente ao MgO e ao CaO é a amostra do Azinhalinho a que apresenta o valor mais alto nestes óxidos, sendo a matéria-prima a que mais se aproxima, das respectivas concentrações da pasta estrangeira;

- Apenas a amostra do Azinhalinho apresentou valores de Na<sub>2</sub>O, sendo este relativamente baixo face a outros elementos químicos (0,70 %);

- Para valores de K<sub>2</sub>O as amostras comportaram-se na mesma forma como na fracção tal e qual, apresentando valores relativamente mais elevados;

- Relativamente aos valores de TiO<sub>2</sub>, nas amostras após moagem estes valores são mais baixos;

- Os valores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nas amostras após moagem são idênticos às amostras tal e qual, baixos e sem relevância.

Também na perda ao rubro as amostras após moagem comportaram-se de forma semelhantemente às amostras tal e qual, à excepção das amostras Lagoa linha de água e Depósito Monte da lagoa que inverteram os seus comportamentos, tendo agora a primeira um valor muito mais baixo que a segunda por oposição ao que se passou na amostra tal e qual.

## **7.2 Ensaios laboratoriais de caracterização tecnológica**

Este subcapítulo contém os resultados dos ensaios tecnológicos executados à fracção inferior a 0,125 mm das amostras de matéria-prima e às pastas preparadas.

### 7.2.1 Trabalhabilidade, extrudibilidade e conformação

Tal como foi descrito no capítulo dedicado às metodologias de trabalho, as amostras de matérias-primas foram, inicialmente moídas num moinho e seguidamente peneiradas no peneiro 120 mesh (0,125 mm). Foi-lhes posteriormente acrescentada água e homogeneizadas até apresentarem uma boa plasticidade de forma a poderem ser moldadas e extrudidas.

Para que uma amostra apresente boa trabalhabilidade tem de possuir plasticidade que por sua vez está relacionada com o teor de humidade.

No quadro em baixo apresenta-se os valores de plasticidade determinados pela Concha de Casagrande e os valores de humidade de extrusão.

Quadro XIV – Índices de plasticidade e teores de humidade de extrusão

<b>Amostras</b> <b>Amostras</b>	<b>IP (%)</b>	<b>% Humidade de</b> <b>extrusão</b>
<b>Azinhalinho</b>	14	23
<b>Borba VV</b>	20	23
<b>Depósito Monte da Lagoa</b>	19	26
<b>Destapação Biblio VV I</b>	14	25
<b>Destapação Biblio VV II</b>	20	26
<b>Lagoa linha de água</b>	6	23
<b>Pasta Estrangeira</b>	16	19
<b>Pasta Nacional</b>	13	20

Como se pode verificar através da análise dos dados não há uma correlação entre os índices de plasticidade e a percentagem de humidade de extrusão, revelando o quadro XIV que amostras com valores de IP inferiores, apresentaram percentagens de humidade superiores. Tal, pode estar relacionado com uma eventual homogeneização deficiente, não tendo havido uma igual distribuição da água por toda a pasta. Ocorre assim que, dever-se-ia ter tirado mais do que uma porção e de várias zonas da matéria-prima extrudida, obtendo-se um valor médio, mais fiável.



As amostras Destapação Biblio VV I, Azinhalinho e Borba VV foram as que melhor se extrudiram, apresentando uma boa conformação de provetes.

As amostras Destapação Biblio VV II e Depósito Monte da Lagoa também apresentaram boa extrudibilidade mas, observou-se uma rápida secagem na primeira amostra e, após conformação dos provetes da segunda amostra abriram-se fendas com facilidade. Estes factores contribuíram para o aparecimento de defeitos nos provetes e, consequentemente, baixas resistências mecânicas em cru.

A amostra que apresentou piores resultados de trabalhabilidade, extrudibilidade e conformação foi a amostra Lagoa linha de água, o que já seria de esperar pelo valor obtido no índice de plasticidade e pela sua composição mineralógica ( os minerais argilosos parecem estar ausentes). Os provetes desta amostra após conformação mostraram-se bastante porosos e gretados, facto este que se veio a reflectir na resistência mecânica em cru.

Relativamente às pastas houve alguma dificuldade de as extrudir devido à resistência que ofereciam à extrusão, mas os provetes conformados resultaram perfeitos e sem defeitos, apresentando valores elevados de resistência mecânica em cru.

### **7.2.2 Secagem**

Como já foi referido no capítulo 5 a secagem é uma das fases do processo cerâmico mais importante e delicada, devido às variações de volume verificadas nos corpos cerâmicos até ser atingida uma humidade de equilíbrio. Outra propriedade fundamental dos corpos cerâmicos é a resistência mecânica que estes atingem durante a fase de secagem que permite o seu manuseamento sem provocar danos às peças.

No quadro XV são apresentados os valores de retracção verde/seco (% Ret. V/S) e da resistência mecânica à flexão (RMF) obtidos a partir dos provetes conformados e após secos na estufa à temperatura máxima de 110 °C.

Quadro XV - Propriedades cerâmicas de conformação e após secagem

Amostras	Secagem 110 °C	
	RMF (kgf/cm <sup>2</sup> )	% Ret V/S
Azinhalinho	146,03	9,17
Borba VV	29,35	6,31
Depósito Monte da Lagoa	37,78	6,91
Destapação Biblio VV I	27,04	5,75
Destapação Biblio VV II	23,78	6,10
Lagoa Linha de Água	19,57	4,48
Pasta Estrangeira	96,88	5,50
Pasta Nacional	69,27	5,74

Após a análise dos valores existentes no quadro XV, verifica-se que a matéria-prima do Azinhalinho é aquela que apresenta um valor de resistência mecânica à flexão consideravelmente superior (146,03 kgf/cm<sup>2</sup>) a todas as outras matérias-primas, incluindo mesmo as pastas cerâmicas. As restantes amostras revelaram valores de resistência mecânica à flexão relativamente baixos, com especial destaque para a amostra da Lagoa linha de água que apresentou uma resistência mecânica à flexão igual a 19,57 kgf/cm<sup>2</sup>, devido ao seu carácter mais siltoso e muito poucos argiloso.

Relativamente à retracção verde/seco, mais uma vez a amostra Azinhalinho apresenta o valor maior (9,17 %), muito por força da sua composição mais argilosa. As restantes amostras revelaram retracções semelhante, porém, a amostra Lagoa linha de água manifesta menor retracção (4,48 %), pelas razões indicadas anteriormente.

### 7.2.3 Cozedura

Após a secagem, os provetes foram introduzidos num forno eléctrico, o qual foi programado para poder ser atingida a temperatura máxima de 1000 °C. Dentro do forno foram criadas duas prateleiras e em cada uma delas foram colocados anéis de Buller com

referências 55 e 58. Realizou-se uma cozedura durante 1h30 terminando com 30 minutos de patamar à temperatura máxima de cozeduras 870 e 970 °C, respectivamente.

As temperaturas máximas a que os provetes estiveram sujeitos nas prateleiras foram medidas através dos referidos anéis de Buller.

O forno utilizado não possibilitou estimar o gradiente térmico da cozedura, tendo o arrefecimento sido feito de uma forma lenta e natural.

### 7.2.3.1 Cozedura 870 °C

No quadro XVI constam os valores referentes à retracção seco/cozido dos provetes, obtidos após a cozedura a 870 °C, às retracções totais (% Ret total), à resistência mecânica à flexão, e à absorção de água.

Quadro XVI – Propriedades cerâmicas das matérias-primas e pastas cozidas a 870° C

Amostras	Cozedura 870 °C			
	RMF (kgf/cm <sup>2</sup> )	% Ret S/C	% Ret total	% Abs
Azínhalinho	333,91	0,34	9,56	13
Borba VV	156,95	0,71	6,94	21
Depósito Monte da Lagoa	182,76	1,05	7,96	23
Destapação Bíbio VV I	132,59	1,03	6,47	24
Destapação Bíbio VV II	132,59	0,99	7,08	27
Lagoa linha de Água	47,06	-0,27	4,46	23
Pasta Estrangeira	251,02	-0,38	5,20	18
Pasta Nacional	181,94	-0,34	5,35	15

Como se pode observar pelo quadro XVI existem valores que apresentam um sinal de “-” indicando que houve dilatação e não retracção.

Na retracção seco/cozido apenas a amostra de matéria-prima Lagoa linha de água sofreu dilatação (0,27 %) tal como as duas pastas ensaiadas. A dilatação das pastas deve-se eventualmente, à sua composição carbonatada, mas não corroborada pelas suas relativamente baixas absorções. Estas relativas baixas absorções podem estar relacionadas com o facto de à temperatura de 870 °C o carbonato de cálcio ainda não ter sido totalmente decomposto, não proporcionando porosidade ao corpo cerâmico. A amostra que apresenta uma absorção condizente com a dilatação é a mostra Lagoa linha de água (23 %) revelando alguma porosidade.

As amostras que apresentam maiores valores de retracção seco/cozido são as do Depósito Monte da Lagoa e das Destapações Biblio VV, revelando ainda absorções bastante altas.

Relativamente à retracção total são as amostras de matéria-prima Azinhalinho (9,56 %) e Depósito Monte da Lagoa (7,96 %) que apresentam valores mais altos contrariamente à amostra Lagoa linha de água e às duas pastas preparadas que apresentam os valores mais baixos.

Quanto à resistência mecânica à flexão são as amostras Azinhalinho e Depósito Monte da Lagoa e as pasta preparadas que se destacam, seguindo-se a amostra Borba VV.

Todas as amostras demonstraram um aumento substancial da resistência mecânica à flexão nos provetes cozidos a 870 °C comparativamente com os provetes secos, continuando a amostra Lagoa linha de água a revelar a menor resistência mecânica (47,06 kgf/cm<sup>2</sup>) e a amostra Azinhalinho (333,91 kgf/cm<sup>2</sup>) a possuir o valor mais elevado, continuando a ser superior às pastas adquiridas pelos oleiros.

Relativamente à absorção de água todas as amostras apresentam elevados valores de absorção, sendo a amostra Azinhalinho a que revelou o menor valor (13 %), revelando-se aparentemente uma matéria-prima com melhores resultados que as pastas, denotando baixa porosidade, graças à sua elevada retracção total.

### 7.2.3.2 Cozedura 970 °C

No quadro XVII encontram-se os valores relativos às propriedades cerâmicas dos provetes cozidos a 970º C.

Quadro XVII – Propriedades cerâmicas das matérias-primas cozidas a 1000 °C

Amostras	Cozedura 970 °C			
	RMF (kgf/cm <sup>2</sup> )	% Ret (S/C)	% Ret total	% Abs.
Azinhalinho	263,24	0,86	9,84	9
Borba VV	321,09	3,07	8,60	16
Depósito Monte da Lagoa	334,85	4,75	11,24	15
Destapação Biblio VV I	324,34	5,59	11,06	15
Destapação Biblio VV II	299,41	5,32	11,22	19
Lagoa Linha de Água	52,92	0,14	4,70	23
Pasta Estrangeira	390,11	0,32	5,75	16
Pasta Nacional	259,03	0,47	6,06	14

Relativamente à retracção seco/cozido a 970 °C as matérias-primas apresentam igual tendência aquando da cozedura à temperatura de 870 °C, surgindo de novo as amostras Depósito Monte da Lagoa (4,75 %) e Destapação Biblio VV I e II (5,69 % e 5,32 %) aquelas que mais retraem.

As pastas apresentam retracções seco/cozido muito baixas, tal como a amostra Lagoa linha de água.

Tal como a retracção seco/cozido a 870 °C, os maiores valores de retracção total correspondem às amostras Depósito Monte da Lagoa e Destapações Biblio VV, seguindo-se o Azinhalinho, o Borba VV, as pastas preparadas e a Lagoa linha de água.

Relativamente à resistência mecânica verificou-se um aumento dos valores relativamente às resistências obtidas para a temperatura 870 °C, à excepção da amostra de matéria-prima do Azinhalinho que registou um valor inferior (263,24 kgf/cm<sup>2</sup>) ao verificado à temperatura 870 °C

(333,91 kgf/cm<sup>2</sup>). O facto de se verificar uma redução na resistência mecânica na amostra Azinhalinho, pode ter a ver com o facto de esta apresentar um núcleo interno, de cor cinza escuro. Este acontecimento pode estar relacionado com o facto de o provete ter sofrido uma vitrificação heterogénia. A vitrificação rápida do exterior do provete, reduzindo-lhe a porosidade, impossibilitou a entrada de oxigénio no seu interior, não oxidando toda a matéria.

Os valores de absorção após cozedura à temperatura de 970 °C são mais baixos que à temperatura de 870 °C. Os valores mais altos de absorção observam-se nas amostras Lagoa linha de água (23 %) e Destapação Biblio VV II (19 %), justificando-se o facto com a distribuição granulométrica, tendo revelado uma maior participação da fracção siltosa em ambas as amostras. Os valores mais baixos são representados pela matéria-prima Azinhalinho (9 %) e a pasta preparada nacional (14 %). Em alguns valores mais baixos de absorção correspondem valores mais altos de retracção total e vice-versa, o que se pode justificar pela diminuição de poros nos provetes.

#### **7.2.4 Análise térmica-dilatométrica**

Todas as curvas-dilatométricas apresentam um aumento gradual da dilatação linear, sendo as amostras Lagoa linha de água e as duas pastas as que apresentam uma maior dilatação. Também em todas elas verifica-se que a partir dos 870 °C se dá uma rápida contracção, que coincide com o início da sinterização e da vitrificação, ocorrendo um rearranjo estrutural das partículas, sendo as amostras que anteriormente apresentaram maiores dilatações as que agora apresentam menores contracções.

Relativamente à temperatura crítica de 573 °C, na qual ocorre a inversão polimórfica do quartzo, passando o quartzo  $\alpha$  para o quartzo  $\beta$ , durante o aquecimento não se verifica expansão significativa, mas durante o arrefecimento já se observam variações de volume.

A curva termo-dilatométrica da amostra Lagoa linha de água revela variações volumétricas substanciais, quer no aquecimento, quer no arrefecimento, junto à temperatura da inversão polimórfica do quartzo. Quando se dá o aquecimento a amostra expande de forma mais acentuada perto da temperatura de 573 °C e quando se procede ao arrefecimento observa-se uma retracção igualmente acentuada para a mesma temperatura. Este



comportamento é perfeitamente justificável pela composição mineralógica que revela uma participação percentual de quartzo de 70 %.

Entre 180 °C e os 300 °C verifica-se algumas oscilações volumétricas que se devem à libertação de água zeolítica dos minerais argilosos (esmectite) e desidratação do hidróxido de ferro (goethite), no caso das retracções, e à resposta natural do corpo cerâmico ao aumento da temperatura, no caso das dilatações.

A curva termo-dilatométrica da pasta nacional é semelhante à da amostra Lagoa linha de água. Durante o aquecimento não ocorrem oscilações aos 180 °C, a dilatação é praticamente linear. No entanto, na pasta nacional (Interpastas), a passagem do quartzo  $\alpha$  para o quartzo  $\beta$ , durante o aquecimento não tem expressão, apenas no arrefecimento durante a inversão quartzo  $\beta$  para quartzo  $\alpha$ .

Na pasta estrangeira observa-se uma dilatação até aos 180 °C e posterior retracção até aos 200 °C, temperatura a partir da qual ocorre uma dilatação linear até aos 880 °C. Depois dos 880 °C ocorre uma pequena retracção, e ao iniciar-se o arrefecimento o provete sofre uma brusca retracção que é aligeirada após a passagem dos 573 °C aquando da inversão do quartzo  $\beta$  para o quartzo  $\alpha$ .

As restantes amostras possuem um comportamento completamente diferente, mas muito semelhante entre si, constituindo um grupo distinto, havendo no entanto, algumas diferenças, nomeadamente na retracção durante a sinterização.

As amostras Destapação Biblio VV II e Depósito Monte da Lagoa apresentam curvas dilatométricas bastante semelhantes. As curvas revelam dilatações graduais. As variações volumétricas por inversão polimorfa do quartzo  $\alpha$  para quartzo  $\beta$  aos 573 °C são insignificantes tanto no aquecimento como no arrefecimento. Entre as temperaturas 670 °C e 870 °C regista-se uma estabilização de volume, para posteriormente ocorrer retracção brusca marcando o início da sinterização.

As amostras Destapação Biblio VV I, Azinhalinho e Borba VV apresentam uma dilatação até aos 130 °C seguida de uma pequena retracção até aos 200 °C devido à libertação da água zeolítica, à qual minerais como a esmectite são particularmente sensíveis e que fazem parte do cortejo mineralógico das amostras do Azinhalinho e de Borba VV, e também da desidratação

da goethite. A partir desta temperatura regista-se uma dilatação progressiva até aos 573 °C, temperatura à qual ocorre a passagem do quartzo  $\alpha$  para quartzo  $\beta$ . Posteriormente regista-se uma ligeira estabilização entre 630 °C e 850 °C para a amostra do Azinhalinho e, para as restantes, a estabilização dá-se até aos 890 °C.

Esse patamar registado nas curvas dilatométricas está relacionado com a composição ílítica das matérias-primas e com a dificuldade de evolução da água estrutural que se apresenta fortemente ligada ou solvatando os catiões intercalares, principalmente o Na, o K, o Ca e o Mg.

Após o patamar de estabilização referido, ocorre uma rápida e brusca retracção do corpo cerâmico, marcando a sinterização e o conseqüente rearranjo estrutural das partículas. Durante o arrefecimento nota-se uma ligeira inflexão na zona de inversão polimórfica do quartzo.

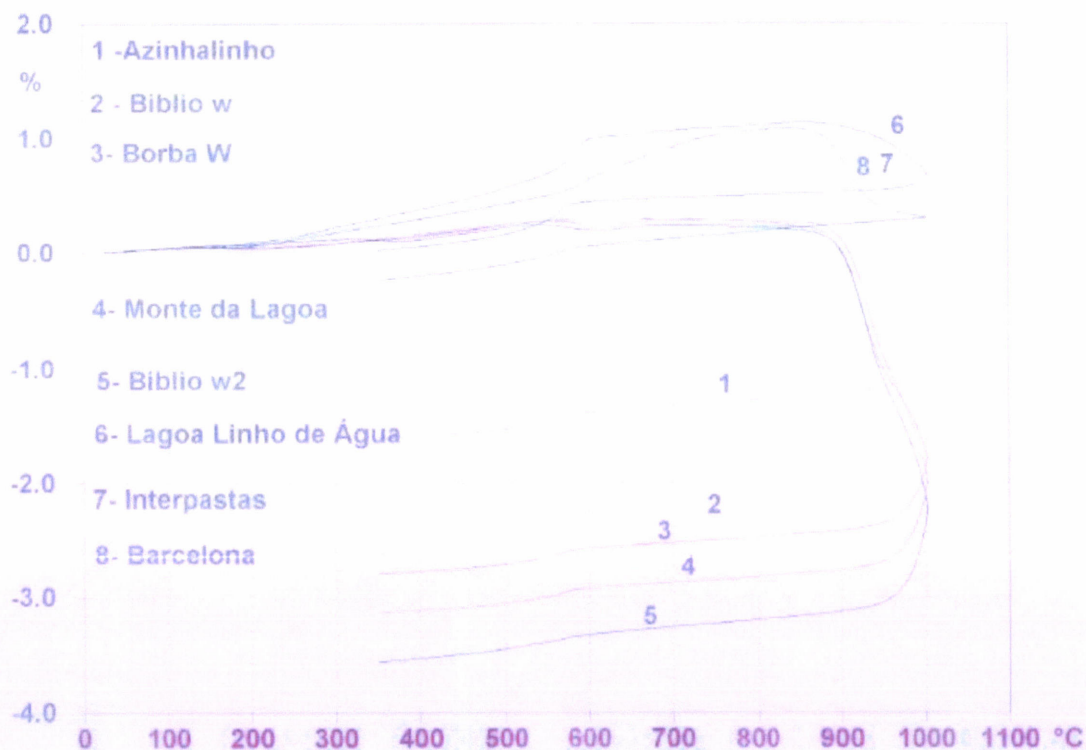


Fig. 29 – Curvas dilatométricas das matérias-primas e pastas preparadas

### **7.3 Ensaio industrial**

O ensaio industrial foi realizado na Olaria do Mestre Xico Tarefa com uma amostra de cerca de 3 a 4 Kg da fracção inferior 0,125 mm. Foi-lhes acrescentada água e posteriormente amassadas para conformação de peças cerâmicas. Depois de secas foram cozidas num forno eléctrico.

Após a cozedura das peças, estas foram divididas em 3 lotes: um dos lotes foi submetido ao ensaio de absorção de água; noutro lote testou-se a resistência ao choque térmico; o terceiro lote foi submetido a vidragem.

#### **7.3.1 Conformação de peças com matéria-prima inferior 120 Mesh**

Seguem-se algumas considerações tecidas pelo Mestre Xico Tarefa durante a preparação das matérias-primas e conformação de peças à roda. Tratando-se de um profissional altamente conceituado, regista-se nesta secção os pareceres que foi emitindo, com base na sua sensibilidade e experiência, à medida que ia tendo contacto com as matérias-primas.

Após conformação à roda, segundo o Mestre Xico Tarefa todas as matérias-primas testadas podem ser utilizadas como tal em olaria, podendo todas, à excepção da amostra Lagoa linha de água, serem utilizadas individualmente ou através de mistura entre elas para a produção de uma pasta.

Através da análise granulométrica, dos índices de plasticidade e do corte realizado a 120 mesh (anexo III) seria de esperar resultados muito bons. Em contrapartida os resultados das resistências mecânicas a cru revelaram baixos valores o que suscitou algumas dúvidas até à manufactura das peças.

De seguida apresenta-se algumas informações reveladas pelo Mestre Xico Tarefa, aquando da realização das peças:

Borba VV – o Mestre Xico apreciou esta matéria-prima, referindo que apresentava uma excepcional trabalhabilidade, proporcionando peças com muito boa conformação e perfeitas (Fig. 30).





Fig. 30 - Peças manufacturadas com matéria-prima proveniente de Borba Vila Viçosa

Depósito Monte da Lagoa – o Mestre oleiro referiu que esta amostra possuía plasticidade superior à amostra Borba VV, apresentando também muito boa trabalhabilidade. A opção de realizar um jarro, com a boca torneada com se pode observar na figura 31, serviu para confirmar a excepcional plasticidade desta matéria-prima, não sendo possível manufacturar tal peça com qualquer material.



Fig. 31 – Peças manufacturadas com matéria-prima proveniente do Depósito Monte da Lagoa

De referir ainda que as amostras Borba VV e Depósito Monte da Lagoa foram obtidas de montes de “terra rossa” provenientes de destapações para a abertura de pedreiras, apesar de geograficamente não estarem próximas e da sua composição mineralógica ser substancialmente diferente.

Azinhalinho – este barro já é conhecido dos oleiros de Redondo há muitas décadas, uma vez que provém do concelho, apesar de, actualmente só o Mestre Baieta produzir peças com esta matéria-prima. O Mestre Xico Tarefa, após conformação estabeleceu uma comparação entre este material e o do Monte da Lagoa, referindo a semelhança entre eles, em termos de trabalhabilidade.



Fig. 32 – Peças realizadas com matéria-prima proveniente do Azinhalinho - Redondo

Destapações Biblio VV – Mestre Xico referiu que as amostras provenientes dos dois horizontes geológicos postos a descoberto pelas obras de destapação para a instalação das fundações da futura biblioteca municipal, possuem características que as assemelham à amostra Borba VV, referindo, no entanto, que apresentam muito melhor trabalhabilidade. Na sua opinião, de todas as amostras conformadas são aquelas que melhor resposta deram às solicitações durante a conformação, prevendo que, eventualmente, deveriam ser as mais resistentes ao choque após cozedura (Fig. 33 e 34).



Fig. 33 – Peças manufacturadas com matéria-prima proveniente da Destapação Biblio VV II





Fig. 34 - Peças manufacturadas com matéria-prima proveniente da Destapação Biblio VV I

Lagoa linha de água – esta amostra revelou ser a pior para conformação de peças em olaria. Segundo o Mestre Xico esta amostra é uma “autêntica terra” que pode ser útil para misturar com qualquer uma das anteriores de forma a diminuir “a goma”. De facto, estas considerações vêm comprovar os resultados obtidos nos ensaios tecnológicos e na análise mineralógica, aonde se percebe que se trata de uma matéria-prima bastante siliciosa. Apesar de alguma dificuldade na conformação, foi possível produzir peças (Fig. 35).



Fig. 35 – Peças manufacturadas com matéria-prima proveniente da Lagoa linha de água

### 7.3.2 Secagem e cozedura

A secagem das peças ocorreu numa zona da olaria do Mestre Xico Tarefa, onde existe algum arejamento e onde existem prateleiras suficientemente espaçadas entre elas, para que se verifique uma secagem homogénea em todas as peças.



Após a secagem os pratos apresentaram fendilhamento, tendo este defeito ocorrido, eventualmente devido a secagem demasiado rápida. De referir que este ensaio decorreu em Julho, por isso numa época do ano em que se observam temperaturas elevadas, nomeadamente, dentro da olaria, levando a uma secagem demasiado rápida e não homogénea das peças. Estes defeitos ocorreram só nos pratos, pois a secagem ocorre rapidamente nas extremidades das peças, pela evaporação da água livre, não se fazendo gradualmente, aumentando a possibilidade de surgimento de defeitos. Todas as amostras apresentaram alguma resistência mecânica a cru, excepto a amostra Lagoa linha de água.

Posteriormente à secagem as peças foram cozidas durante 6 h.

Nas primeiras 4 h o forno foi aquecendo lentamente até atingir os 300 °C. Durante esta fase as peças perdem a humidade que contêm. Às 5 h de cozedura o forno atingiu os 700 °C e às 6 h de cozedura a temperatura do forno situava-se entre 900 e 920 °C. De forma a estabilizar as tensões internas nas peças foi adaptado um patamar de 10 min no final das 6 h de cozedura (Fig. 36).

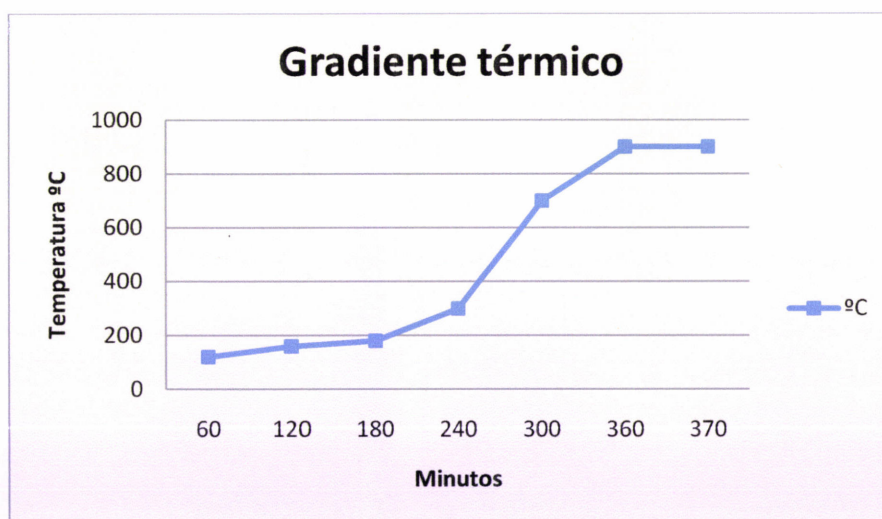


Fig. 36 – Gradiente térmico de cozedura de chacota das peças cerâmicas

### 7.3.3 Ensaio de absorção de água de objectos cerâmicos

No quadro XV constam os valores referentes à absorção de água das peças cerâmicas conformadas e cozidas em olaria.

Quadro XVIII – Percentagem de absorção de água das peças cerâmicas

Amostras	% de Absorção
Azinhalinho	14
Borba VV	20
Depósito Monte da Lagoa	21
Destapação Biblio VV I	22
Destapação Biblio VV II	26
Lagoa linha de água	21
Pasta Estrangeira	17
Pasta Nacional	15

Os valores de absorção obtidos a partir das peças já cozidas vieram comprovar os valores encontrados aquando do ensaio de absorção em provetes. De facto, as matérias-primas provenientes do anticlinal de Estremoz possuem absorções de água superiores às das pastas e à matéria-prima do Azinhalinho.

De notar que as absorções verificadas nas peças conformadas foram superiores às absorções dos provetes cozidos a 970 °C, excepto para a matéria-prima Lagoa linha de água. Tal, deveu-se a diferentes condições de cozedura, tendo os provetes em laboratório sido sujeitos a uma temperatura de cozedura superior à das peças na olaria. Por outro lado, de uma maneira geral, as absorções verificadas nas peças conformadas são menores que nos provetes cozidos a 870 °C.

A comparação entre as absorções dos provetes cozidos a 870 °C e 970 °C, no laboratório do CENCAL e as absorções reveladas pelas peças cozidas na Olaria Xico Tarefa, mostra, sem dúvida, que a cozedura na olaria terá sido realizada, seguramente a uma temperatura intermédia àquelas outras.



#### **7.3.4 Ensaio de resistência ao choque térmico**

Tratando-se de louça utilitária, as peças foram submetidas a variações bruscas de temperatura, no sentido de se observar macroscopicamente o comportamento das matérias-primas e avaliar possíveis defeitos que surgissem à superfície dos corpos cerâmicos.

Assim, as peças foram submetidas a dois ciclos de aquecimento e arrefecimento, tendo no primeiro ciclo atingido 180 °C, sendo mergulhadas integralmente em água à temperatura de 16 °C. O segundo ciclo de aquecimento atingiu 230 °C, tendo as peças sido de novo mergulhadas em água à temperatura antes referida.

Do resultado deste ensaio, concluiu-se que não surgiu qualquer tipo de defeito macroscópico em nenhuma peça e em nenhuma fase do procedimento.

#### **7.3.5 Ensaio de vidragem**

Depois de cozidas, as peças foram vidradas com vidrado transparente, referência V202 da Vitrifer. A temperatura de cozedura do vidrado rondou os 940 - 950 °C.

Após observação das peças (Fig. 37) concluiu-se que o vidrado aderiu em todas as pastas muito bem, não se notando defeitos de enrolamento.

De referir que a peça feita com a matéria-prima Destapação Biblio VV I apresenta algumas bolhas (Fig. 38), no entanto, nada terão a ver com a matéria-prima argilosa. Estas bolhas podem resultar de um gradiente térmico inadequado da cozedura e uma cozedura demasiado rápida. Também podem resultar da aplicação excessiva de vidrado, que dificulta a libertação total e gradual dos gases.

Na peça feita com o material proveniente da Lagoa linha de água observou-se o aparecimento de craquelê. De notar que foi aquela que se mostrou de mais difícil conformação quer no CENCAL aquando da conformação dos provetes, quer na olaria, uma vez que quase não possui argila. É de todas as amostras a mais siliciosa (64,72 % SiO<sub>2</sub>, após moagem). Foi, como se esperava aquela que retraiu menos quer na cozedura a 870 °C, quer a 970 °C.

No entanto, há que referir que o aparecimento de craquelê tem a ver com um desacordo pasta-vidrado, porém, este defeito não terá obrigatoriamente de ser da responsabilidade da matéria-prima, podendo o vidrado não ser o adequado para aquele material. De facto os vidrados são preparados para melhor interagirem com as pastas eliminando-se assim possíveis defeitos.



Fig. 37 – Conjunto de peças vidradas



## 8. Conclusões

As investigações levadas a efeito demonstraram que a zona do anticlinal de Estremoz, apesar da indústria extractiva se viver uma situação económica desfavorável, possui outras potencialidades de investimento, que podem ser canalizadas para outros fins, nomeadamente no sentido de reactivar a actividade tradicional oleira das localidades de Redondo e de São Pedro do Corval.

Da informação tratada nos inquéritos às duas vilas pôde-se constatar que neste momento existe escassez de matéria-prima de qualidade nos barreiros, antigamente explorados pelos oleiros e, localizadas junto das vilas. Também se constatou que devido à escassez de matérias-primas de qualidade, os oleiros recorrem a pastas preparadas industrialmente de origem nacional e estrangeira.

A opinião dos oleiros sobre as pastas é satisfatória face à falta de matéria-prima de qualidade. A maioria dos oleiros refere que cada uma das pastas preparadas não satisfaz a produção tanto de peças cerâmicas utilitárias como decorativas, sendo a pasta nacional de melhor qualidade para as peças cerâmicas utilitárias e a pasta cerâmica estrangeira de melhor qualidade para as peças cerâmicas decorativas.

O presente estudo colocou em evidência a existência de matérias-primas que, apesar de necessitarem de alguma preparação (refinação e beneficiação), se encontram à disposição dos oleiros, a cerca de 20 Km de Redondo e 40 Km de São Pedro do Corval.

No âmbito do estudo foram efectuados ensaios a oito materiais, dos quais, seis foram matérias-primas e duas pastas preparadas industrialmente. De referir que das matérias-primas duas pertenciam ao mesmo depósito mas a horizontes diferentes (Destapações Biblio VV I e II) e a do Azinhalinho, que actualmente ainda é utilizada como matéria-prima por um oleiro de Redondo, o Mestre Baieta. As pastas preparadas industrialmente têm proveniência diferente, uma delas é um produto nacional e a outra é um produto estrangeiro de origem espanhola.

Dos depósitos estudados apenas foi possível quantificar aproximadamente o volume de dois depósitos: o depósito onde foi colhida a matéria-prima Borba VV, tem cerca de 3000 m<sup>3</sup>, e o outro depósito onde foi colhida a matéria-prima Depósito Monte da Lagoa, tem cerca de

6000 m<sup>3</sup>. De qualquer forma as matérias-primas estudadas ocorrem numa extensa área garantindo a alimentação das olarias das duas vilas durante largas décadas.

Infelizmente e, relativamente ao depósito Destapação Biblio VV I e II, não houve oportunidade de quantificar, nem haverá, uma vez que neste momento o mesmo está transformado num aterro, apesar de todos os esforços e solicitações à Câmara Municipal de Vila Viçosa para a sua conservação. Este depósito (Fig. 40) possuía boas qualidades para ser utilizado na olaria e estima-se que poderia alimentar esta actividade durante muitos anos.



Fig. 38 – Depósito Destapação Biblio VV I e II. Do lado esquerdo o depósito limpo, do lado direito o depósito transformado em aterro

Os estudos efectuados às matérias-primas e pastas preparadas permitiram realizar algumas considerações gerais referidas no capítulo 7, pelo que seguidamente se fará uma síntese dos resultados mais relevantes, obedecendo à ordem dos ensaios realizados.

A análise distribuição granulométrica é uma característica física importante que determina o desempenho de qualquer matéria-prima e particularmente para cerâmica. As matérias-primas recolhidas no campo foram desagregadas com um maço de borracha de forma a não provocar alteração na dimensão dos grãos. As amostras moídas sofreram apenas uma passagem rápida, num moinho de martelos 4 mm, de forma a evitar o aglutinamento das partículas.

Nas amostras tal e qual e após moagem as matérias-primas com características mais argilosas foram as que revelaram uma granularidade mais fina, são exemplos disso respectivamente as amostras Destapação Biblio VV I, Borba VV e Depósito Monte da Lagoa.



Por oposição as amostras Lagoa linha de água e Azinhalinho apresentam uma granularidade mais grosseira, podendo, particularmente a primeira, ser utilizada, sendo misturada com as amostras anteriormente referidas.

A amostra Destapação Biblio VV II revela ser uma amostra bem graduada ou classificada. A sua distribuição do grão pelas fracções arenosa, siltosa e argilosa aproximam-se da distribuição do grão da pasta cerâmica nacional.

A plasticidade e a trabalhabilidade são propriedades importantes que caracterizam as matérias-primas cerâmicas. Através dos limites de consistência é possível caracterizar a plasticidade das matérias-primas e avaliá-las para eventual aplicação em cerâmica.

Os limites de consistência foram realizados nas amostras tal e qual e após moagem, tendo estes parâmetros aumentado em todas as amostras após moagem. As amostras que apresentam maior índice de plasticidade nas amostras tal e qual e após moagem são as que revelam menor granularidade, à excepção das amostras Destapações Biblio VV.

A amostra tal e qual Destapação Biblio VV I revelou ser mais plástica que a amostra equivalente Destapação Biblio VV II, sendo que após moagem este comportamento se inverte. Relativamente à amostra tal e qual este facto verifica-se talvez devido a granularidade da amostra Destapação Biblio VV I ( $D_{50} = 2,0 \mu\text{m}$ ) ser inferior à granularidade da Destapação Biblio VV II ( $D_{50} = 5,5 \mu\text{m}$ ). Na amostra após moagem a análise mineralógica revela que a amostra Destapação Biblio VV II possui minerais de caulinite e ilite enquanto a amostra Destapação Biblio VV I apenas possui minerais de caulinite. Sendo os minerais argilosos de caulinite menos plásticos que a ilite, esta poderá ser uma das razões que explica as plasticidades das amostras Destapação Biblio VV após moagem. De referir, no entanto, que uma possível industrialização destas duas matérias-primas passaria por uma inevitável mistura entre elas.

O ensaio de expansibilidade foi executado apenas nas amostras tal e qual e, de uma maneira geral, as amostras estudadas apresentaram valores relativamente baixos de expansibilidade.

A amostra Azinhalinho foi a que se revelou mais expansível (18 %), sendo este valor explicado pela análise mineralógica, na qual se verifica a presença de Esmectite. Também as amostras Destapação Biblio VV e a pasta nacional revelam alguma expansibilidade,

respectivamente 10 % e 11 %, podendo este facto estar relacionado com a presença de minerais argilosos. As restantes amostras apresentam valores de expansibilidade inferior a 10 %.

Relativamente ao teor de humidade, os valores resultantes deste ensaio não apresentam qualquer relação com os valores de expansibilidade.

A difracção de raios-X foi executada apenas às amostras após moagem, assim se fará apenas considerações a este tipo de amostras.

A maioria das amostras apresenta elevada contribuição de filossilicatos, excepto as amostras Destapação Biblio VV I e Lagoa linha de água.

A amostra Lagoa linha de água, segundo a análise mineralógica realizada, não possui na sua constituição minerais argilosos, apresentando-se como a amostra com maior participação de quartzo.

Os filossilicatos presentes nas amostras de matérias-primas são essencialmente caulinite e illite, sendo a amostra Depósito Monte da Lagoa a única que revela possuir clorite na sua composição.

Relativamente às amostras Depósito Monte da Lagoa e Borba VV, a análise mineralógica corrobora a análise química, no sentido em que ambas apresentam valores elevados de  $K_2O$ , tendo este origem no mineral illite e não no feldspato potássico.

A fluorescência de raios-X revelou que as amostras Destapações Biblio VV I e II possuem elevados teores de ferro total, respectivamente 19 % e 29%, sendo-lhes atribuído a responsabilidade pela tonalidade avermelhada apresentada por estas amostras. Os elevados teores em ferro total vieram a ser comprovadas com a análise mineralógica, que revelou as elevadas percentagens de hematite (óxido de ferro) e a goethite (hidróxido de ferro).

Por fim, as percentagens de perdas ao rubro, que estão relacionadas com a perda de voláteis, revelaram que são as amostras Destapação Biblio VV I e II e a amostra Depósito Monte da Lagoa, aquelas que permitem a presença de água estrutural na sua constituição através da elevada presença da Goethite. Também as amostras do Azinhalinho e de Borba VV,

apesar de mais baixos, apresentam valores de perda ao rubro próximos das amostras referidas anteriormente, podendo este facto estar relacionado com a presença dos minerais caulinite e illite.

Dos resultados tecnológicos correspondentes às matérias-primas, concluiu-se que as amostras Destapação Biblio VV I e II, Borba VV e Depósito Monte da Lagoa foram as que apresentaram melhor trabalhabilidade, tendo-se obtido bons resultados de extrusão e conformação dos respectivos provetes.

Tal como já foi referido o índice de plasticidade é determinante para a boa avaliação de matérias-primas utilizadas na cerâmica. Quanto maior for o índice de plasticidade, maior será a humidade de extrusão, implicando maiores valores de retracção verde/seco. As amostras atrás referidas são as que apresentam mais elevadas retracção verde/seco.

Relativamente aos resultados do ensaio de resistência mecânica à flexão em cru, as amostras que apresentaram valores mais elevados foram a do Azinhalinho e as pastas cerâmicas. Baixos valores de resistência mecânica à flexão em cru implicam um manuseamento mais cuidadoso das peças cerâmicas entre as fases de secagem e de cozedura.

No comportamento dos corpos cerâmicos após cozedura a 870 °C, verificou-se elevadas absorções de água em todas as amostras, com excepção do Azinhalinho e das pastas cerâmicas.

As amostras Azinhalinho, Depósito Monte da Lagoa, Borba VV e Destapações Biblio VV I e II apresentam corpos cerâmicos com boa resistência mecânica à flexão, 333,9 kgf/cm<sup>2</sup>, 182,76 kgf/cm<sup>2</sup>, 156,95 kgf/cm<sup>2</sup> e 132,59 kgf/cm<sup>2</sup>, respectivamente. A amostra Lagoa linha de água continuou a revelar ser a que possui menor resistência mecânica à flexão.

As retracções totais das amostras mostraram-se elevadas, com a excepção da amostra Lagoa linha de água e as pastas preparadas.

Na cozedura a 970 °C registou-se um aumento das resistências mecânicas à flexão em todas as amostras, excepto na amostra Azinhalinho. A amostra Azinhalinho apresentou um núcleo cinzento escuro talvez devido à rápida vitrificação da zona externa do provete, impossibilitando a entrada de oxigénio.

As amostras Destapação Biblio VV I e II, Depósito Monte da Lagoa e Borba VV revelaram elevadas retracções seco/cozido, provavelmente devido à desidroxilação da ilite e desidratada da goethite presentes nestas amostras.

Relativamente às absorções de água, todas as amostras reduziram substancialmente os seus valores, devido à diminuição da porosidade, excepto a amostra Lagoa linha de água.

Todas as amostras foram sujeitas a conformação de peças cerâmicas, tendo revelado bons resultados. A resistência ao choque térmico das peças não provocou quaisquer defeitos nas peças cerâmicas.

Segundo o oleiro Mestre Xico Tarefa, todas as amostras revelam boa apetência para a aplicação na olaria, excepto a amostra Lagoa linha de água. Relativamente a esta última pode ser utilizada como desengordurante em pastas gordas, pois possui um índice de plasticidade inferior, uma granularidade mais grosseira e revela retracções totais baixas.

Após vidragem todas as peças, excepto as manufacturadas com matérias-primas Lagoa linha de água e Biblio VV I apresentaram vidrados sem defeitos. No entanto, os defeitos observados nas peças anteriormente referidas, não são da responsabilidade das matérias-primas.

Após os estudos desenvolvidos, provou-se que tecnicamente é viável a aplicação da terra rossa do anticlinal de Estremoz em olaria, tendo as amostras Monte da Lagoa, Borba VV e Destapações Biblio VV revelado características que as podem tornar matérias-primas cerâmicas de qualidade.

Tal como foi referido no início deste trabalho a escassez de matérias-primas de qualidade para alimentar as olarias das vilas de Redondo e São Pedro do Corval, faz com que os oleiros tenham de recorrer a pastas cerâmicas produzidas industrialmente, que nem sempre satisfazem a sua utilização, para determinado tipo de peças cerâmicas.

Relativamente às reservas de matéria-prima, e tendo em conta apenas os depósitos contabilizados (Depósito Monte da Lagoa e Borba VV), as olarias das duas vilas poderiam ser alimentadas durante cerca de 15 anos.

O seu aproveitamento e possível uso cerâmico traria grandes benefícios, quer à indústria extractiva de mármore, particularmente no Concelho de Vila Viçosa, pela quantidade de “terra rossa” evidenciada, quer nos Concelhos de Redondo e S. Pedro do Corval que voltariam a possuir fontes de matéria-prima cerâmica com localização próximas dos seus centros oleiros.

Não é de todo dispensável a continuação deste trabalho, através de futuras prospecções e caracterização de solos na envolvente dos depósitos estudados. É certo que existe muito mais material, com semelhantes características, possíveis de serem utilizados em olaria.

Por outro lado é absolutamente fundamental um estudo económico que comprovasse a viabilidade económica de uma pequena unidade de preparação de pasta cerâmica, eventualmente localizada no concelho de Vila Viçosa, devido à proximidade aos centros oleiros e pelo facto de ser o concelho que apresenta maior disponibilidade das matérias-primas estudadas.



## **9. Bibliografia**

A Arte Popular em Portugal, Cerâmica, dir. por Fernando de Castro Pires de Lima, Editorial Verbo, Lisboa, 1963, fasc. 19. 20-21, 253p.

Anúncio comercial de Portugal - dir. Luís Moita, Vol.II, Ed. 58, 1938, 3503p - 4014p.

Cartaxo, P. C. F. (1991-1992) - Olaria de S. Pedro do Corval. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, 174p.

Carvalhosa A., Gonçalves, F., Oliveira, V., 1987 – Notícia Explicativa da Folha 36-D, Redondo. Serviços Geológicos de Portugal, 63 pp.

CENCAL - Centro de Formação Profissional para a Indústria Cerâmica. Serviços Técnicos - Revisão de Setembro 2000, 108p.

D'Eça, M. N. A. (1986) - Roteiro Artesão Português. Artesão Português Alentejo, Porto, 159p.

Faria, P. (2005) - Propriedades Composicionais e Geotécnicas de Solos Argilosos em Obras Rodoviárias. Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, 284p.

Fialho, M. A. M. (1983) - A olaria em S. Pedro do Corval. Universidade de Évora, 29p.

Gancho, L. M. P. C. (1998/2000) - Tese de Mestrado. O centro oleiro de Redondo. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências Humanas, Vol. I, 244p.

Gomes, C. F. (1988) - Argilas, o que são e para que servem. Fundação Calouste Gulbenkian, 457p.

Gomes, C. S. F. (2002) - Argilas, aplicações industriais. C. Gomes (Editor). O Liberal, Empresa de artes gráficas, Lda, Aveiro, 337p.

Gonçalves, F. & Coelho, A. P. (1974) - Notícia explicativa da folha 36-B, Estremoz. Serviços Geológicos de Portugal.

Gonçalves, F. (1972) – Observações sobre o anticlinório de Estremoz. Alguns aspectos geológico-económicos dos mármore, Est. Not.. Trab. Serv. Fom. Min., Porto, Vol. 22, Fasc. 1-2, pp. 121-132 (Matérias-primas minerais não metálicas, nº 17).

Instituto Nacional de Estatística - Censos 2001, XIV Recenseamento geral da População. IV Recenseamento geral da habitação. Resultados Definitivos - Alentejo.

Lopes, J. L. G. (1995) – Estudo geológico - estrutural do flanco sudoeste do anticlinal de Estremoz e suas implicações económicas. Tese de Mestrado. DGFCUL, Julho 1995, 135 pp.

Lopes, J. L. G. (2003) – Contribuição para o conhecimento Tectono – Estratigráfico do Nordeste Alentejano, transversal Terena – Elvas. Implicações económicas no aproveitamento de rochas ornamentais existentes na região (Mármore e Granitos). Tese de Doutoramento, Departamento Geociências – Universidade de Évora, 568 p.

Lopes, L.; Matins, R. & Rosado, F. (2008) - Olaria de Redondo, do barreiro à roda do oleiro. Geologia no Verão. Universidade de Évora, Departamento de Geociências.

Martins, R. S. V. (2007) - Tese de Doutoramento. Investigação científica e tecnológica de matérias-primas minerais de Santiago do Cacém (Alentejo) e das suas potencialidades para a indústria cerâmica. Universidade de Évora, Departamento de Geociências, 457 p.

Mestres Artesãos do Século, artefactos do mundo por mãos portuguesas. Feira Internacional de Artesanato - FIL, Lisboa, 2002; Instituto de Emprego e Formação Profissional, pp176.

Oliveira, J. T.; Oliveira, V. & Piçarra, J. M. (1991) – Traços gerais da evolução tectono - estratigráfica da Zona de Ossa Morena, em Portugal. Cuad. Lab. Xeol. Laxe, 16:221-250.

Perdigão, T. & Calvet, N. (2003) - Tesouros do Artesanato Português - Vol.III Olaria e Cerâmica, Lisboa, 2003, 208p.

Piçarra J. & Le Menn, J. (1993) – Crinoids in the Estremoz Marbles. A contribution to the Ossa-Morena Zone Stratigraphy. XII Reunião de Geologia do Oeste Peninsular, Évora 20 - 24 Setembro 1993, Vol. II, pp. 107.

Piçarra, J. M. (2000) – Estudo Estratigráfico do Sector de Estremoz – Barrancos, Zona de Ossa – Morena, Portugal, Vol. I – Litoestratigrafia do intervalo Câmbrio médio? – Devónico inferior, 95 p. & Vol. II – Bioestratigrafia do intervalo Ordovícico – Devónico inferior, 173 p. Tese de Doutoramento. Universidade de Évora.

#### **Sites consultados**

<http://www.cm-redondo.pt/pt>

<http://www.cm-reguengos-monsaraz.pt/pt/home1.htm>

## **ANEXO I**

### **INQUÉRITO AOS OLEIROS DE REDONDO E DE S. PEDRO DO CORVAL**



### **Levantamento da Actividade Oleira de Redondo e S. Pedro do Corval**

A Universidade de Évora com o apoio do CENCAL, Centro de Formação Profissional para a Cerâmica, das Caldas da Rainha está a desenvolver um estudo de investigação, com vista à aplicação de “terra rossa”, da zona dos mármore (Vila Viçosa), como matéria-prima cerâmica em olaria. Para tal, é necessário possuímos um conhecimento aprofundado do tecido empresarial, do sector da cerâmica nestes dois importantes pólos cerâmicos do Alentejo.

Para tal contamos com a preciosa colaboração do senhor/a oleiro/a. Para isso, necessitamos apenas de alguns minutos, para que possa preencher o questionário que se segue.

Toda a informação será trabalhada num contexto geral, preservando informação de carácter sigiloso e o anonimato das empresas.

#### **Questionário**

1. Nome da Empresa -

1.1. A laborar desde \_\_\_\_\_

1.2. Número de trabalhadores \_\_\_\_\_

2. Localização -

3. Cerâmica tipo (utilitária, decorativa, de construção) -

4. Produção -



## **5. Proveniência da pasta**

### **5.1. Adquire a pasta a um fornecedor nacional ou estrangeiro?**

#### **5.1.1. Nome do/os fornecedor/es –**

#### **5.1.2. Conhece a origem da pasta que consome? Se sim, informe qual a origem.**

#### **5.1.3. Quantidade de pasta que adquire por ano?**

### **5.2. Tem produção própria de pasta?**

#### **5.2.1. Local de recolha -**

#### **5.2.2. Procedimento de tratamento –**

## **6. Grau de satisfação em relação à pasta usada:**

Insatisfeito; Satisfeito; Muito Satisfeito (sublinhe o que interessa).

## **7. Tipo de forno (lenha, eléctrico ou gás) -**

## **8. Número de cozeduras -**

### **9. Temperatura da 1ª cozedura –**

### **10. Temperatura da 2ª cozedura –**

## **11. Tipo de vidrado: (Preparação própria, adquirido pronto, ...?)**

## **12. Usa engobe?**

### **12.1. Origem do engobe -**

## **13. Quais são os seus principais clientes?**

## **13. Já teve algum apoio externo para desenvolver a sua indústria?**

**13.1. Se sim, qual?**

**Obrigado pela sua atenção.**

**Departamento de Geociências da**

**Universidade de Évora**

**Professor Doutor Ruben Varela Martins**

**ANEXO II**

**ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA**

Análise Granulométrica das amostras T&Q								
Peneiro	% Passado Acumulado							
(mm)	Lagoa linha de água	Borba VV	Depósito Monte da Lagoa	Destapação Biblio VV II	Destapação Biblio VV	Azinhalinho	Pasta Estrangeira	Pasta Nacional
12,700	100,00	100,00	100,00	-	-	100,00	-	-
9,500	99,54	99,74	96,25	100,00	-	99,23	-	-
4,750	95,81	98,75	94,80	99,18	100,00	99,23	-	-
2,000	88,03	96,15	92,78	91,41	97,00	97,32	-	-
0,850	79,46	93,37	90,69	85,58	87,57	90,70	-	-
0,425	74,18	91,15	89,26	83,00	84,19	83,31	-	100,00
0,250	70,60	89,35	87,36	81,42	82,21	76,26	100,00	99,91
0,106	62,20	84,21	82,08	79,18	78,95	62,55	99,98	96,34
0,075	57,61	76,91	79,81	77,91	76,60	57,12	99,76	92,37
0,060	56,92	76,60	79,01	77,91	76,52	56,49	98,96	89,41
0,050	55,59	76,14	78,45	77,75	76,37	55,52	98,46	88,31
0,040	52,94	75,06	77,18	76,90	75,83	53,64	97,17	86,55
0,030	48,39	72,60	74,78	74,87	74,30	50,49	94,47	84,06
0,025	45,17	70,68	73,03	72,92	72,77	48,38	92,38	82,30
0,020	41,31	68,37	70,71	70,12	70,55	45,98	89,29	79,99
0,015	36,81	65,68	67,52	65,91	67,64	43,24	84,90	76,85
0,010	31,80	61,99	63,69	59,68	63,50	40,27	78,01	71,86
0,008	29,55	60,22	61,85	56,33	61,36	39,01	73,62	68,82
0,006	26,96	58,22	59,78	52,20	58,91	37,41	67,24	64,66
0,005	25,46	56,91	58,58	49,86	57,45	36,44	63,15	61,80
0,004	23,62	55,22	57,06	47,21	55,84	35,36	57,76	58,38
0,003	21,32	53,14	55,39	43,94	53,77	34,21	50,88	53,85
0,002	18,09	50,45	53,71	39,66	50,63	32,56	42,10	48,31
0,0015	16,13	48,61	52,51	36,77	48,41	31,42	37,21	44,98
0,0010	13,48	46,07	51,24	32,72	45,12	29,93	31,32	40,37
0,0008	11,98	44,53	50,28	30,31	43,13	29,13	28,33	37,78
0,0006	10,14	41,99	48,36	27,03	40,22	28,16	24,74	34,08
0,0005	9,10	39,84	46,61	25,01	38,07	27,42	22,45	31,68
0,0004	7,83	36,84	43,90	22,52	34,93	26,45	19,65	28,73
0,0003	6,39	32,53	39,43	19,32	30,26	25,13	16,16	24,94
0,0002	4,61	26,38	32,64	15,11	23,67	22,96	11,37	18,84
0,0001	1,04	17,61	21,55	9,43	13,86	18,51	4,69	8,13

Análise Granulométrica das amostras moídas						
Peneiro	% Passado Acumulado					
(mm)	Lagoa linha de água	Borba VV	Depósito Monte da Lagoa	Destapação Biblio VV II	Destapação Biblio VV	Azinhalinho
4,750	100,00	100,00	100,00	100,00	-	100,00
2,000	99,73	99,98	99,95	99,96	100,00	99,90
0,850	93,89	97,47	97,35	95,83	96,07	95,61
0,425	84,04	93,77	94,55	87,63	89,35	86,03
0,250	77,47	91,08	92,13	83,58	85,83	78,50
0,106	65,28	83,98	88,61	79,22	81,16	63,98
0,075	57,69	79,71	85,52	77,55	79,54	58,32
0,060	57,52	79,39	85,43	77,55	79,54	57,85
0,050	57,17	79,23	85,26	77,55	79,54	57,27
0,040	56,48	78,67	84,75	77,16	79,38	55,99
0,030	54,46	77,16	83,47	76,15	78,51	53,30
0,025	52,38	75,72	82,27	75,15	77,39	51,26
0,020	49,15	73,65	80,56	73,44	75,72	48,76
0,015	44,83	70,62	77,99	70,49	72,78	45,90
0,010	39,06	66,40	73,80	64,91	68,40	42,63
0,008	36,17	64,01	71,41	61,42	66,02	41,06
0,008	32,77	61,06	68,59	56,69	63,00	39,25
0,005	30,69	59,22	66,96	53,74	61,25	38,20
0,004	28,27	56,99	65,08	50,56	59,02	36,92
0,003	25,33	54,36	62,86	46,92	56,39	35,46
0,002	21,81	51,01	60,55	42,50	53,13	33,48
0,0015	19,56	48,70	59,18	39,63	50,75	32,13
0,0010	16,44	45,75	57,47	35,67	47,25	30,44
0,0008	14,83	44,00	56,27	33,27	45,10	29,45
0,0006	13,04	41,45	54,05	30,01	41,44	28,23
0,0005	11,88	39,46	52,08	27,92	38,66	27,41
0,0004	10,50	36,43	48,75	25,28	35,00	26,30
0,0003	9,00	31,80	43,36	21,87	30,23	24,73
0,0002	7,15	24,15	35,23	17,68	24,26	21,81
0,0001	5,19	12,36	23,09	12,18	15,27	16,91

Amostra	Limites de Consistência					
	T&Q			Moídas		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Destapação Biblio VV	46	24	22	44	30	14
Borba VV	43	25	18	41	21	20
Pasta Estrangeira	38	22	16	-	-	-
Depósito Monte da Lagoa	44	29	15	49	30	19
Azinhalinho	38	26	13	39	25	14
Destapação Biblio VV II	43	30	13	48	27	20
Pasta Nacional	35	23	13	-	-	-
Lagoa linha de água	27	23	4	28	22	6

Amostras	Corte granulométrico				
	Fracção inferior 0,125 mm		Fracção superior 0,125 mm		Total (g)
	Peso (g)	(%)	Peso (g)	(%)	
Azinhalinho	2577	39	4022	61	6599
Borba VV	6052	32	12628	68	18680
Depósito Monte da Lagoa	6190	35	11615	65	17805
Destapação Biblio VV I	4440	50	4515	50	8955
Destapação Biblio VV II	6080	42	8520	58	14600
Lagoa Linha de Água	6041	59	4270	41	10311



**ANEXO III**

**ENSAIOS TECNOLÓGICOS**

Amostras	Resistência mecânica à flexão			
	Secagem a 110°C			
	N	Diâmetro (cm)	kgf	RMF (kgf/cm <sup>2</sup> )
Azinhalinho	122,3	0,94	6,70	146,03
Pasta Estrangeira	57,3	1,02	5,84	96,88
Pasta Nacional	17,0	1,01	4,00	69,27
Depósito Monte da Lagoa	21,7	1,01	2,21	37,78
Borba VV	16,0	1,00	1,63	29,35
Destapação Biblio VV	14,9	1,00	1,52	27,04
Lagoa linha de água	13,0	1,07	1,33	19,57
Destapação Biblio VV II	12,8	0,99	1,31	23,78

Amostras	Resistência mecânica à flexão			
	Cozedura a 870°C			
	N	Diâmetro (cm)	kgf	RMF (kgf/cm <sup>2</sup> )
Pasta Estrangeira	149,1	1,03	15,21	251,02
Azinhalinho	146,3	0,93	14,92	333,91
Pasta Nacional	103,8	1,01	10,59	181,94
Depósito Monte da Lagoa	93,3	0,98	9,52	182,76
Borba VV	81,7	0,98	8,33	156,95
Destapação Biblio VV	71,6	0,99	7,30	132,59
Destapação Biblio VV II	69,3	0,98	7,07	132,59
Lagoa linha de água	27,0	1,01	2,73	47,06

Amostras	Resistência mecânica à flexão			
	Cozedura a 970°C			
	N	Diâmetro (cm)	kgf	RMF (kgf/cm <sup>2</sup> )
Borba VV	151,9	0,95	15,49	321,09
Depósito Monte da Lagoa	149,9	0,93	15,29	334,85
Pasta Nacional	142,3	1,00	14,51	259,03
Destapação Biblio VV	151,9	0,92	14,31	324,34
Azinhalinho	122,3	0,95	12,47	263,24
Destapação Biblio VV II	126,3	0,92	12,88	299,41
Lagoa linha de água	37,5	1,09	3,82	52,92
Pasta Estrangeira	223,6	1,01	22,80	390,11

Amostra	Retracções após secagem a 110°C		
	Comprimento inicial (mm)	Comprimento final (mm)	% Ret V/S
Azinhalinho	50,0	45,42	9,17
Depósito Monte da Lagoa	50,0	46,54	6,91
Borba VV	50,0	46,84	6,31
Destapação Biblio VV II	50,0	46,95	6,10
Destapação Biblio VV	50,0	47,13	5,75
Pasta Nacional	50,0	47,13	5,74
Pasta Estrangeira	50,0	47,25	5,50
Lagoa linha de água	50,0	47,76	4,48

Amostra	Retracções após cozedura a 870°C			
	Comprimento inicial (mm)	Comprimento final (mm)	% Ret S/C	% Ret total
Azinhalinho	45,37	45,22	0,34	9,56
Depósito Monte da Lagoa	46,51	46,02	1,05	7,96
Destapação Biblio VV II	46,92	46,46	0,99	7,08
Borba VV	46,86	46,53	0,71	6,94
Destapação Biblio VV	47,25	46,77	1,03	6,47
Pasta Nacional	47,17	47,33	-0,34	5,35
Pasta Estrangeira	47,22	47,40	-0,38	5,20
Lagoa linha de água	47,65	47,77	-0,27	4,46

Amostra	Retracções após cozedura a 970°C			
	Comprimento inicial (mm)	Comprimento final (mm)	% Ret S/C	% Ret total
Depósito Monte da Lagoa	46,60	44,38	4,75	11,24
Destapação Biblio VV II	46,88	44,39	5,32	11,22
Destapação Biblio VV	47,10	44,47	5,59	11,06
Azinhalinho	45,48	45,08	0,86	9,84
Borba VV	47,15	45,70	3,07	8,60
Pasta Nacional	47,19	46,97	0,47	6,06
Pasta Estrangeira	47,28	47,13	0,32	5,75
Lagoa linha de água	47,71	47,65	0,14	4,70

Amostras	Extrusão dos provetes		
	Peso húmido (g)	Peso seco (g)	% Humidade
Depósito Monte da Lagoa	29,2	21,5	26
Destapação Biblio VV II	45,4	33,6	26
Destapação Biblio VV	75,9	57,3	25
Azinhalinho	47,4	36,7	23
Borba VV	51,6	39,5	23
Lagoa linha de água	44,6	34,4	23
Pasta Nacional	43,0	34,6	20
Pasta Estrangeira	49,5	40,1	19

Amostras	Absorção de água pelos provetes		
	Cozedura a 870°C		
	Peso seco (g)	Peso húmido (g)	%
Destapação Biblio VVII	30,32	38,38	27
Destapação Biblio VV	30,95	38,50	24
Depósito Monte da Lagoa	32,74	40,24	23
Lagoa linha de água	39,77	48,89	23
Borba VV	32,51	39,40	21
Pasta Estrangeira	35,03	41,19	18
Pasta Nacional	35,63	41,02	15
Azinhalinho	30,05	33,94	13

Amostras	Absorção de água pelos provetes		
	Cozedura a 970°C		
	Peso seco (g)	Peso húmido (g)	%
Lagoa linha de água	39,76	48,76	23
Destapação Biblio VVII	30,19	35,86	19
Borba VV	30,89	35,86	16
Pasta Estrangeira	34,86	40,53	16
Depósito Monte da Lagoa	30,55	35,18	15
Destapação Biblio VV	31,72	36,40	15
Pasta Nacional	34,93	39,66	14
Azinhalinho	29,12	31,76	9

Amostras	Absorção de pelas água		
	Peças secas (g)	Peças húmidas (g)	%
Destapação Biblio VVII	586,78	741,23	26
Destapação Biblio VV	466,68	571,41	22
Depósito Monte da Lagoa	497,9	603,9	21
Lagoa linha de água	543,36	657,88	21
Borba VV	412,52	494,2	20
Pasta Estrangeira	587,76	687,4	17
Pasta Nacional	728,4	836,32	15
Azinhalinho	278,61	316,71	14